This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

VE RI TAS

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

STUDIEN

ÜBER

PROTOPLASMA.

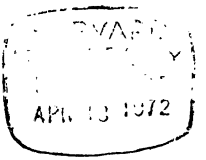
VON

Dr. EDUARD STRASBURGER.

HIERZU 2 TAFELN.

JENA,
Verlag von Hermann Dufft.
1876.

V S 7740.82.10



5.8*1

Die folgende Abhandlung beschäftigt sich mit am lebenden Protoplasma beobachteten Structurerscheinungen, mit der Deutung der Hautschicht, mit einigen unmittelbaren Differenzirungsproducten des Protoplasma und mit Hypothesen über den molecularen Bau desselben. Eingeschoben in den Text sind Untersuchungen über pflanzliche Spermatozoiden und am Schlusse angehängt Beobachtungen über die Bildung der Cellulosemembran.

Dieses sei zur vorläufigen Orientirung über den Inhalt vorausgeschickt.

Meine Arbeiten über Zelltheilung bei Spirogyra orthospira veranlassten mich, auch die Wachsthumsvorgänge bei dieser Alge näher in's Auge zu fassen. Es fiel mir besonders auf, dass die protoplasmatische Hautschicht an rasch wachsenden Stellen der Zelle eine radiale Streifung zeigt. Vornehmlich an kurz zuvor befreiten Endflächen aus dem Verbande getretener Zellen des Fadens war diese Structur leicht zu sehen. Die Hautschicht erschien hier etwas stärker als an anderen Stellen derselben Zelle entwickelt und wie aus radial gestellten Stäbchen aufgebaut. Diese Structur schwand bei künstlichem Eingriffe in das Präparat. Auf der Innenseite der Hautschicht führen, wie ich das schon früher beschrieben, zahlreiche Ströme des Körnerplasma kleine Stärkekörner an jene Orte starken Wachsthums hin, wo dieselben zur Bildung der Cellulose verwerthet werden. [1])

Für die Pollenkörner der Coniferen schilderte Tschistiakoff einen ähnlichen Bau. Ihr „Primordialschlauch" soll aus dichtgedrängten, glänzenden, radial angeordneten Prismen bestehen. [2])

Aus den Angaben von Sachs war andererseits bekannt, dass auch die Hautschicht der Schwärmsporen von Vaucheria eine radiale Streifung zeigt: dieses konnte ich ebenfalls bestätigen. Bei Einwirkung concentrirter Essigsäure auf eben austretende Schwärmsporen zeigte sich mir deren aufquellende Hautschicht wie aus rechteckigen Kammern gebildet. Die radialen Wände dieser Kammern waren es, die am lebenden Objecte die Erscheinung der stark lichtbrechenden Stäbchen hervorgerufen hatten. Die Cilien schienen mir aus jenen Stäbchen zu entspringen.

---

[1]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 60 u. ff.

[2]) Botanische Zeitung 1875, p. 99.

So weit reichten meine früheren Beobachtungen[1]): ich wünschte nun noch genauere Data diesen Gegenständen abzugewinnen. Die Erfahrungen die ich mit Osmiumsäure inzwischen gemacht hatte, liessen mich hoffen, dass es mit derer Hülfe gelingen werde die Structur der Hautschicht und auch die Cilien, die sie trägt, dauernd zu fixiren. Dies gelang denn in der That, und bewährte sich die Osmiumsäure hier von Neuem in vorzüglichster Weise. Mit absolutem Alkohol gelang es mir zwar die Structur der Hautschicht, doch nicht die Cilien zu erhalten; in 1% Chromsäure litt auch der Bau der Hautschicht; nur die Osmiumsäure fixirte das Object so momentan, dass selbst die Cilien meist vollständig unverändert blieben. Die Osmiumsäure wurde hierbei in dem erfahrungsmässig beliebten Concentrationsgrade, nämlich einprocentig, gebraucht. Ich liess dieselbe nur wenige Minuten einwirken, worauf das Präparat, ohne weitere wesentliche Veränderung, in mit Alkohol verdünntem Glycerin aufbewahrt werden konnte. Einige der fixirten Objecte wurden noch mit Glycerin und alkoholhaltiger Carminlösung behandelt, um einige Structurverhältnisse, bei ungleich erfolgender Färbung, deutlicher hervortreten zu lassen. Ich habe die Schwärmsporen meist im Augenblicke ihres Austritts aus dem Sporangium mit Osmiumsäure übergossen, doch auch manche vergleichsweise erst auf späteren Stadien des Schwärmens. Als Untersuchungsmaterial diente mir nunmehr die echte Vaucheria sessilis, deren Schwärmsporen viel länger in Bewegung bleiben, als die der früher von mir untersuchten, der V. sessilis übrigens sehr nahe verwandten V. ornithocephala Hassal.

Die Structur der Hautschicht und der Cilien wird uns hier in vollkommenster Weise durch das Osmiumsäure-Präparat Fig. 3 vorgeführt. Wir sehen an diesem unzweifelhaft, dass die Hautschicht von dichteren Stäbchen durchsetzt wird. Diese Stäbchen stehen in relativ weiten Abständen seitlich von einander; die Interstitien zwischen denselben müssen im frischen Zustande mit sehr wasserreichem Plasma erfüllt sein, da sie in dem fixirten Präparate nur sehr spärlichen, feinkörnigen Inhalt führen. In frischem Zustande bricht nichts desto weniger auch das zwischen den Stäbchen befindliche Plasma das Licht stark genug, um der Hautschicht das Aussehen einer continuirlichen, nur eben radial gestreiften Substanz zu verleihen. Die Stäbchen setzen, wie das

[1]) Vergl. Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 174—185.

Osmiumsäure-Präparat zeigt, oben und unten an eine äusserst zarte, continuirliche Plasmaschicht an. An der Innenseite ist diese Schicht übrigens nicht scharf gegen das Chlorophyllkörner führende Körnerplasma abzugrenzen. An schon erwähnten Osmium-Carmin-Präparaten (Fig. 4) erschienen die Hautschicht-Stäbchen in mittlerer Höhe etwas aufgequollen, dort dann auch am stärksten gefärbt, so dass die Hautschicht nunmehr, bei erster Ansicht, wie von einer mittleren Lage rother Kügelchen durchsetzt erschien.

Das Alkohol-Präparat Fig. 5a zeigt den Bau der Hautschicht fast eben so vollkommen wie am Osmiumsäure-Präparat erhalten. In der Oberflächenaussicht des gleichen Präparats (Fig. 5b) war die gegenseitige Vertheilung der Stäbchen am besten zu sehen.

Das Osmiumsäure-Präparat Fig. 3 lehrt uns nun auch auf das Bestimmteste, dass die Cilien der Vaucheria-Schwärmspore den dichteren Stellen der Hautschicht entspringen. Jedes Stäbchen scheint einer Cilie zur Stütze zu dienen. Die Cilien sind dünner als die Stäbchen und an den Osmium-Präparaten etwa 2 Mal länger wie diese.

Auf verschiedenen Entwickelungszuständen fixirte Sporangien lehrten mich, dass die Structur der Hautschicht gleichzeitig mit deren messbarer Ausbildung kenntlich wird. Diese Ausbildung beginnt aber am vorderen Ende der Schwärmspore und schreitet von hier nach rückwärts fort. Die Hautschicht wird schliesslich auch am vorderen Ende etwa doppelt so stark als am hinteren Ende entwickelt; sie nimmt gleichmässig von vorne nach hinten zu ab.

Um mich über die Entstehungsweise der Cilien zu orientiren, griff ich auf frische Objecte zurück, und zwar, weil es mir da beliebig leicht gelang, die Hautschicht von der Sporangiumwand zurücktreten zu lassen. Ich schnitt das Ende eines Vaucheria-Schlauches, welcher mir ein Sporangium in erwünschtem Entwickelungszustande zu tragen schien, mit einer scharfen Scheere ab, brachte das betreffende Stück, für sich allein, in Wasser unter ein feines Deckglas, stellte das Object bei starker Vergrösserung ein, und begann nun mit Fliesspapier am Rande des Deckglases Wasser zu entziehen. Bald wurde unter dem Drucke des Deckglases das Sporangium abgeflacht, dann unter der Spannung des Sporangiuminhaltes die Querwand an der Basis des Sporangium, seltener, und zwar meist nur bei relativ älteren Sporangien, der Scheitel desselben durchbrochen. Ich konnte

nun nach Belieben mehr oder weniger Inhalt aus dem Sporangium austreten lassen, da mit der Entfernung des Fliesspapiers sofort die Entleerung aufhörte; auch konnte ich bei Anwendung entsprechend breiter Fliesspapierstreifen den Ausfluss reguliren, dass er nicht zu stürmisch erfolge. Wurde nun bei entsprechender Abflachung und theilweiser Entleerung eines Sporangium etwas Wasser dem Präparate vorsichtig zugefügt, so konnte man meist in dem zu seiner ursprünglichen Gestalt annähernd zurückkehrenden Sporangium die Hautschicht der Schwärmspore, an vielen Orten noch unversehrt, von der Wand des Sporangium zurücktreten sehen. Solche Objecte auf verschiedenen Zuständen und bei unzählige Male wiederholter, entsprechender Behandlung untersucht, lehrten mich, dass die Bildung der Cilien der Differenzirung der Hautschicht auf dem Schritte folgt und nicht wenig an die Bildung der „Pseudopodien" erinnert. Erst kurz vor der vollen Reife der Schwärmspore sind die Cilien völlig ausgebildet; sie liegen, wohl stets nach vorn gerichtet, der Oberfläche der Hautschicht dicht an und erheben sich zu sofortigem Schwingen, wenn die Hautschicht von der Sporangienwand zurückgetreten ist. Auf etwas jüngeren Zuständen findet man die Cilien kürzer und an der Spitze mit kleiner, knopfförmiger Anschwellung versehen. Das Knöpfchen erscheint im Verhältniss grösser, je kürzer die Cilien sind. In erster Anlage stellen die Cilien endlich nur kleine, den inneren Stäbchen in ihrer Stellung entsprechende Höcker an der Hautschicht dar.

Der Rückzug der Hautschicht von der Sporangienwand veranlasst für alle Fälle die rasche Ausbildung der angelegten Cilien, indem die Knöpfchen sich zu dem noch fehlenden Ciliensttücke strecken. Daher das eigenthümliche Schauspiel das unter solchen Umständen die zurückweichende Hautschicht gewährt: zunächst dicht an ihrer Oberfläche kleine, kurz gestielte Tröpfchen, die immer kleiner und zugleich länger gestielt werden und alle nach Verlauf weniger Minuten schwinden. Die Ausbildung der Cilien wurde um so rascher vollendet, je vorgeschrittener man deren Anlage vorfand, das heisst, je kleiner die Knöpfchen und je länger ihre Stiele waren. Bei relativ jungen Schwärmsporen, kurz nach Differenzirung ihrer Hautschicht, zeigen die Cilien auch nach voller, künstlich hervorgerufener Ausbildung nicht die Länge, die sie sonst bei normaler Ausbildung erreicht hätten; auch werden sie meist nur in geringer Zahl ausgebildet.

Ich verglich vorhin die Entwickelung der Cilien, wie sie sich

hier aus der Beobachtung ergiebt, mit der Bildung der „Pseudopodien", und zwar weil letztere bei Rhizopoden in manchem Sinne ähnlich fortschreitet. Auch dort zeigen die sich verlängernden Pseudopodien ein kolbenförmig angeschwollenes Ende.[1]) Das Gleiche fand ich übrigens auch im Innern der Spirogyra-Zellen, wenn freie Protoplasmaströme in das Zelllumen entsendet wurden. Die terminale Anschwellung lieferte hier augenscheinlich das Material zur unmittelbaren Verlängerung des Stromes.[2])

Die für Anlage und Wachsthum der Cilien an den Vaucheria-Schwärmsporen gewonnenen Daten werden wohl auch in gleichem Maasse für die Cilien der Oedogonium-Schwärmspore gelten, wenigstens lassen sich diese Daten mit meinen früher an den Oedogonium-Schwärmsporen gemachten Beobachtungen sehr wohl vereinigen.[3])

So lange die Vaucheria-Schwärmspore der Sporangium-Wandung dicht anliegt, kann man von ihren zarten, der Hautschicht angedrückten Cilien nichts bemerken, und selbst in flachgedrückten Sporangien sind dann höchstens feine Punkte an der äusseren Contour der Hautschicht zu erkennen.

An reifen Schwärmsporen fangen die Cilien beim Zurücktreten der Hautschicht sofort im ganzen Umfang des Körpers und zwar so rasch zu schwingen an, dass sie unsichtbar werden. Die noch in Ausbildung begriffenen Cilien beginnen meist ebenfalls sich zu bewegen, doch um so langsamer und unvollkommener, je mehr sie in ihrer Entwickelung zurückstehen.

Nach kürzerem oder längerem Schwingen werden die Cilien in ähnlicher Weise eingezogen, wie sie gebildet wurden. Man sieht an der Spitze der Cilien ein Knöpfchen auftreten, das an Grösse zunimmt in dem Maasse als sich die Cilie verkürzt, und dann schliesslich in die Hautschicht aufgenommen wird.

Da es mir fraglich erscheinen konnte, ob der Vorgang an künstlich von der Sporangiumwand entfernten Schwärmsporen ein normaler sei, so fasste ich den Entschluss, ihn auch an natürlich befreiten Schwärmsporen zu verfolgen. Um nicht auf die jedesmalige Entleerung einzelner Sporangien warten zu müssen, fing ich schwärmende Sporen aus einem grossen Gefässe auf.

---

[1]) Max Schultze, das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen 1863, p. 24.

[2]) Ueber Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 44–45.

[3]) Ebendas., p. 171.

Die Schwärmspore wurde erst mit der Loupe aufgesucht und dann mit einem kleinen elfenbeinernen Ohrlöffel aus dem Gefässe gehoben. Es gelingt das leicht wenn man den Löffel ganz untertaucht und ihn dann in horizontaler Lage langsam emporhebt. Man bekommt so die Schwärmspore meist völlig unversehrt und kann sie leicht in den Tropfen auf dem Objectträger bringen.

Die Schwärmsporen wurden hier so lange in ihrer Bewegung verfolgt, bis sie zur Ruhe kamen. Ihre Cilien blieben dann plötzlich stehen, um nach einer Weile eingezogen zu werden. Wie ich weiter zeigen will, hat die Schwärmspore schon während ihrer Bewegung eine äusserst zarte Cellulose-Membran gebildet, in welcher jedenfalls, den Insertionsstellen der Cilien entsprechend, feine Oeffnungen zurückgeblieben sind [1]); durch diese nun werden die Cilien eingezogen. Ihr Einziehen ist mit einer Contraction der Hautschicht verbunden, welche in jenem Augenblick ihr eine gefaltete Oberfläche gibt; einige Secunden später ist ihre Oberfläche wieder völlig glatt geworden. Man sieht alle diese Erscheinungen am leichtesten, wenn es gelungen ist die Schwärmspore durch sehr leisen Deckglasdruck festzuhalten. Ihre Cilien bewegen sich noch für eine kurze Zeit, welche meist genügt, um sie mit starker Vergrösserung einzustellen.

Aehnliche Faltungen beim Einziehen der Cilien konnte ich auch hin und wieder an der Hautschicht der künstlich von der Sporangiumwand entfernten Schwärmspore sehen.

Bei den Schwärmsporen von Oedogonium liess die sog. Mundstelle, welche aus Hautschicht gebildet wird und deren Hinterrand die Cilien trägt, keine der Hautschicht der Vaucheria-Schwärmsporen ähnliche Structur erkennen. [2])

An der Hautschicht der Ulothrix-Schwärmspore ist am vorderen Ende nur eine kleine, knotenförmige Verdickung zu sehen, der die vier langen Cilien entspringen. [3])

Somit ergibt sich die geschilderte Structur der Hautschicht und ihr Verhältniss zu den Cilien bei den Vaucheria-Schwärmsporen als eine besondere Anpassung, wenn auch das Vorkommen radiärer Streifung in der Hautschicht auch an anderen Orten die Vermuthung

---

[1]) Wie solche für den Durchgang der Cilien bei den Volvocinen bestehen.

[2]) Ueber Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 171.

[3]) Ebendas., p. 166.

erweckt, dass das Auftreten derselben durch die Molecularstructur der Hautschicht im Allgemeinen begünstigt werde.

Der Körper der Spermatozoiden bei Farnen und Equiseten, den ich wohl mit den stärksten und besten jetzt vorhandenen Linsensystemen prüfen konnte, lässt weder besondere Structur noch besondere Einrichtungen für die Insertion der Cilien auffinden. Ich untersuchte die Prothallien mehrerer Adiantum-, Asplenium- und Pteris-Arten und Dank der Gefälligkeit des Herrn Prof. Sadebeck auch die Prothallien von Equisetum arvense. Um die Spermatozoiden eingehend studiren zu können, fixirte ich sie mit 1% Osmiumsäure, was in der vorzüglichsten Weise, mit vollständigster Erhaltung des Körpers und der Cilien gelingt. Abgesehen nun von der verschiedenen Zahl, der verschiedenen Weite und Steilheit der Windungen, der wechselnden Dicke des Körpers bei den verschiedenen Spermatozoiden, fand ich letztere stets von einem in seiner ganzen Masse homogenen, stark lichtbrechenden Bande gebildet. Dieses Band ist nirgends hohl und zeigt an jedem Punkte seines Verlaufes einen annähernd elliptischen Querschnitt. Die Cilien werden nur von der vordersten Windung des Bandes getragen; sie entspringen ihr unmittelbar, ohne besonders markirte Anheftungsstellen. Die Spermatozoiden der Farne tragen zwischen den hinteren Windungen ihres Körpers eine Blase, von der ich früher zu zeigen versuchte [1]), dass sie der mittleren, von einer Plasmahöhle umgebenen Vacuole entspricht, welche nach Auflösung des Zellkernes und Ansammlung des Protoplasma an der Wand der Mutterzelle, in deren Innerem auftritt. Um diese Vacuole hat sich das Spermatozoid gebildet, und es nimmt dieselbe nach Befreiung aus der Mutterzellhaut mit auf den Weg. Ich halte diese Blase nun nicht für den integrirenden Theil des Spermatozoiden [2]), wie ja das die oft genug bestätigte Thatsache lehrt, dass die Blase sich vom Spermatozoiden loslösen kann und keinesfalls bei der Befruchtung mit zur Verwendung kommt. Somit, da diese Blase allein körnige Bildungen enthält, bleibt für den Begriff des Spermatozoiden hier nur das aus homogenem, starklichtbrechendem Plasma gebildete, solide, mit Cilien am vorderen Ende versehene Band zurück. Ich hebe das ausdrücklich hervor, weil in der letzten Zeit wiederholt von Zoologen an

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot., VII, p. 394.
[2]) So auch Sachs, Lehrbuch, IV. Aufl., p. 418.

mich die Frage gerichtet wurde, ob denn die Spermatozoiden im Pflanzenreiche nicht nothwendig auch einen Zellkern aufzuweisen hätten. Es hängt diese Frage mit der Bedeutung zusammen, welche jüngst der Zellkern bei der Befruchtung gewonnen. Ich bin nun der Meinung, dass diese nach Auflösung des Zellkernes der Mutterzelle gebildeten Spermatozoiden in der That die Elemente des Zellkernes in sich aufnehmen, dass es aber bei der Befruchtung auf Kernsubstanz, nicht auf den morphologisch als solchen differenzirten Zellkern, ankomme.

Bei den Spermatozoiden von Equisetum ist bekanntlich der hintere Theil des Körpers sehr dick im Verhältniss zum vorderen und seine Windung sehr steil; im Uebrigen ist auch hier der Körper bandförmig, von annähernd elliptischem Querschnitt in seinem ganzen Verlauf; an der vorderen Windung mit langen Cilien besetzt. Der Innenseite des steilen, hinteren Körperabschnittes klebt die Blase an, welcher auch hier die gleiche morphologische Bedeutung wie bei den Farnen zukommt. Auch hier ist es diese Blase allein, welche körnige Bildungen, wie bei den Farnen, vornehmlich Stärkekörner, einschliesst, und halten sich ihre Körner besonders an der dem Spermatozoiden-Bande zugekehrten Seite der Blase auf. Das Band selbst wird in seiner ganzen Ausdehnung von homogenem, stark lichtbrechendem Plasma, ohne innere Höhlungen, gebildet. Es endet gewöhnlich stumpf (Fig. 7, 9, 14), seltener verjüngt (Fig. 8, 10). Die Blase haftet meist der Innenseite des Bandes an und wird bei Streckung desselben mit in die Länge gedehnt. Daher Bilder wie die von mir in Fig. 7, 8 und 10 abgebildeten. Aehnliche Bilder mögen Hofmeister zu der Annahme geführt haben, das wimperlose Hinterende sei bei den Spermatozoiden der Equisetaceen an der Innenkante seiner Schraubenwindung deutlich zu einem häutigen, flossenähnlichen Anhängsel verbreitet, welches während der Vorwärtsbewegung in schneller Undulation sich befindet.[1]) Was Hofmeister zu dem weiteren Ausspruch veranlasste: „bei den Spermatozoiden der Farnkräuter findet muthmasslich dasselbe Verhältniss statt[2])," ist mir unbekannt.

In manchen Fällen kann sich die Blase gegen die steile Innenfläche der Spermatozoiden abrunden und sich von derselben mehr oder weniger ablösen; man findet sie manchmal auch den

[1]) Zuletzt in: Lehre von der Pflanzenzelle 1867, p. 33.
[2]) Ebendas.

vorderen, engen Windungen anhaftend (Fig. 12).[1]) In anderen Fällen hat das Spermatozoid dieselbe ganz abgeworfen (Fig. 14). Dann wird das Spermatozoid nur noch von dem stark lichtbrechenden Bande gebildet, dem an der Innenseite noch einige Körnchen anhaften können (Fig. 9). Gegen das Ende der Schwärmzeit erscheint die Blase an den Spermatozoiden sowohl bei Farnen als bei Equiseten durch Wasseraufnahme oft um das Vielfache ihres ursprünglichen Volumens ausgedehnt.

Ich erlaube mir in den Figuren 7—14 eine Anzahl Abbildungen der Spermatozoiden von Equisetum arvense zu geben und zwar nach Präparaten die ich durch Uebergiessen eben ausgeschwärmter Spermatozoiden mit 1% Osmiumsäure gewann.[2])

Wenn nun die Frage aufgeworfen würde: ob die Spermatozoiden der Gefässkryptogamen, da sie im obigen Sinne nur aus einem homogenen Bande mit Cilien bestehen, dennoch als Zellen aufzufassen seien? — so möchte ich die Frage bejahen.

Verfolgt man nämlich die Spermatozoiden nach rückwärts bis in die Algen hinein, so kommt man zu der Ueberzeugung, dass sie den dort vorkommenden Spermatozoiden, deren Zellnatur gar nicht angezweifelt werden darf, homolog sind. Man kann sich vorstellen, dass sie durch Modification solcher Spermatozoiden, wie etwa derjenigen von Oedogonium, langsam entstanden sind, und dann lässt sich ihre Bildung aus dem Inhalte der Mutterzelle mit Ausschluss der centralen Blase, als eine Art freier Zellbildung auffassen.[3])

Ein radiärer Bau, der vielleicht Aehnlichkeit mit dem bei Spirogyra und Vaucheria geschilderten besitzt, wird von Ed. van Beneden für die Hautschicht der Eier der Seesterne angegeben. „Die Hautschicht," schreibt er, „ist heller und weniger körnig als die innere Masse, sie zeigt ausserdem eine zarte, radiale Streifung, die der inneren Masse zu fehlen scheint." Ed. van Beneden gibt die Stärke dieser Hautschicht auf beiläufig ein Drittel des Radius des Dotters an.[4])

[1]) Vergl. auch Schacht, die Spermatozoiden im Pflanzenreiche, 1864, p. 10.

[2]) Alle Spermatozoiden von Equisetum arvense erschienen mir in gleicher Richtung gewunden Die umgekehrte Richtung in Fig. 14 rührt daher, dass dieses Spermatozoid mit seiner Spitze nach unten liegt.

[3]) Vergl. Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 192.

[4]) Contributions à l'histoire de la vésicule germinative et du premier noyau embryonnaire. Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2ème Sér. T. LXI, Nr. 1, Janvier 1876. Des Separatabdruckes, p. 23.

Mehrere Beispiele einer Streifung der Hautschicht liessen sich noch der thierischen Histologie entnehmen, doch sind die bezüglichen Angaben meist nicht der Art, dass wir sie hier direct verwerthen könnten.

Sehr nahe lag es hingegen, an einen Vergleich der in der Hautschicht verschiedener Infusorien beobachteten Stäbchen, der sog. Trichocysten, mit den Stäbchen in der Hautschicht der Vaucheria-Sporen zu denken. Ein Bild, wie es Paramecium aurelia an seiner Peripherie bietet, ist in der That nicht unähnlich demjenigen der Peripherie einer Vaucheria-Schwärmspore. Man hätte meinen mögen, dass auch bei den Infusorien die Stäbchen als Stütze der Cilien dienen; vorhandene Angaben, namentlich die von Wrześniowski [1]), beweisen aber sicher, dass jene Stäbchen in keinem Verhältniss zu den Cilien stehen, vielmehr unter Umständen ausgestossen werden können und wohl als Waffen dienen.

Auch an der Hautschicht der Plasmodien bei den Myxomyceten hat Hofmeister eine bestimmte Structur beobachtet. „Häufig [2]),“ schreibt er, „tritt eine radiale, auf den Flächen senkrechte Streifung hervor, wenn das Mikroskop auf den optischen Durchschnitt derselben eingestellt wird: eine Streifung, die auf der Nebeneinanderlagerung stärker und schwächer lichtbrechender, dichterer und minder dichter, weniger und mehr Wasser haltender, zur Fläche der Membran vertical gestellter Theilchen beruht. Seltener ist eine Zusammensetzung aus der Fläche der Hautschicht parallelen, abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden Lamellen zu erkennen, doch kommt sie bisweilen neben jener radialen Streifung oder auch ohne dieselbe vor.“ Am deutlichsten will Hofmeister diese Verhältnisse an im Einziehen begriffenen dünnen Aesten der Plasmodien von Aethalium septicum gesehen haben; auch gibt er an [3]), ähnliche Erscheinungen habe de Bary unter gleichen Verhältnissen an den Plasmodienästen von Didymium serpula und von Aethalium beobachtet. De Bary schreibt an der von Hofmeister citirten Stelle: „Wo ein Zweig eingezogen wird, da nehmen die centripetalen Strömungen an Energie stetig zu, die centrifugalen ab, und in gleichem Maasse verschmälert und verkürzt

[1]) Archiv f. mikr. Anat., Bd. V, 1869, p. 41.
[2]) Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, p. 24 und Fig. 8, p. 25.
[3]) l. c., p. 24 Anm.

sich der Zweig. Bei Aethalium und Didymium serpula sah ich oft, wie jede neue in einen Zweig laufende, centrifugale Strömung immer weiter von dem Zweigende aufhörte, dem Zweige also immer weniger und zuletzt gar keine Körner mehr zugeführt wurden, während die Grundsubstanz sich äusserst langsam zusammenzog. Der zuletzt ganz körnerfreie Ast nimmt dabei oft eine eigenthümliche Beschaffenheit an. Seine Peripherie wird von einer dicken, glänzenden Lage von Grundsubstanz gebildet, an welcher die Randschicht nicht mehr kenntlich ist, welche dagegen auf ihrer ganzen Aussenfläche mit spitzen, abstehenden Fortsätzen, wie mit feinen Stacheln dicht bedeckt ist. Zuweilen hat es den Anschein, als sei die ganze eben erwähnte Lage der Grundsubstanz aus dicht gedrängten, zur Oberfläche senkrechten Stäbchen zusammengefügt, deren äussere Enden die stachelähnlichen Fortsätze bilden, doch konnte ich dies nicht bestimmt erkennen." [1])

Diese von de Bary gegebene Schilderung der Randdifferenzirung scheint mit derjenigen übereinzustimmen, welche Hofmeister bei längerer Einwirkung concentrirter Lösungen von Zucker, Glycerin, Kalisalpeter oder Kochsalz auf Plasmodien beschreibt [2]), deren hyaliner Saum sich dann mit stacheligen, dicht stehenden Fortsätzen bedeckt. Die am weitesten vorragenden Stellen der Aussenfläche sollen dann diejenigen grösster, die am tiefsten eingesenkten diejenigen geringster Dehnbarkeit sein.

Die gleichen Erscheinungen hatte auch schon Kühne unter ähnlichen Einflüssen, vornehmlich aber bei Einwirkung einprocentiger Rhodan-Kalium-Lösung beobachtet. Dabei wurden die meisten Stämme der Plasmodien in Kugeln verwandelt, deren hyaliner Saum sich dann zerklüftete. „Zuerst zeigte sich eine ungeheure Menge feiner, radiärer Streifungen,... an der äussersten Peripherie bildeten sich schöne, stachelige Fortsätze, mit denen das Ganze dicht besetzt erschien, und die Basis des Saumes zog sich zu einer schmäleren, glasglänzenden Schichte zusammen." „Man brauchte die Salzlösung nur durch destillirtes Wasser zu verdrängen, um sämmtliche stachelige Fortsätze in die Kugeln zurückzutreiben. Der glatte, hyaline Saum bildete sich zuerst wieder, verschmälerte sich später, wurde unregelmässig nach innen und aussen und die Contractionen mit der davon abhängigen

[1]) Die Mycetozoen, II. Aufl. 1864, p. 46.
[2]) Die Lehre von der Pflanzenzelle, p. 27.

Körnchenströmung begannen von Neuem. Indessen dauerte dies Alles nicht lange, sondern unter Austritt von schleimigen, zitternden Klümpchen ging das Protoplasma zu Grunde.“ [1])

Meine eigenen Untersuchungen bezogen sich vornehmlich auf die Plasmodien von Aethalium septicum, die ich in unzähligen Exemplaren studirt habe. Zum Zweck der Herstellung von Präparaten, die unmittelbar auch bei stärkster Vergrösserung zu beobachten wären, liess ich die Plasmodien von der Gerberlohe auf vertical aufgestellte Objectträger kriechen, über deren eine Fläche ein äusserst schwacher Wasserstrom mit Hülfe eines Saugapparates einfachster Art, der aus einem Fliesspapierstreifen bestand, geleitet wurde. In halber Länge der benetzten Fläche, ob direct auf dem Objectträger, ob durch zarte Schutzleisten von demselben getrennt, war je ein dünnes Deckglas angebracht. Das Ganze setzte ich in einen dunklen Kasten, um die Bewegungsrichtung der Plasmodien der Beeinflussung durch das Licht zu entziehen. Alle die reich verzweigten Plasmodien, die ich zur Untersuchung wählte, bewegten sich nun fast vertical aufwärts an den befeuchteten Glasflächen und es geschah häufig, dass sie das Deckglas erreichend, mit mehreren Zweigen unter dasselbe krochen, ja selbst da, wo das Deckglas, ohne Schutzleisten, direct an dem feuchten Objectträger haftete. In den letzten Fällen bekam ich besonders zarte Ströme, die vorzüglich für die Beobachtung geeignet waren. Wenn ich während der Untersuchung einen continuirlichen Wasserstrom unter dem Deckglas durchleitete und das Object gegen Druck gesichert war, so konnte es sich nach überwundener, erster Störung normal weiter bewegen. Wurde das Präparat durch das Deckglas wenn auch noch so schwach gedrückt, oder stieg durch fortgesetzte Verdunstung des zugeführten Brunnenwassers der Salzgehalt desselben, so pflegte das bekannte langsame Einziehen der Zweige des Plasmodiums zu beginnen.

Da beobachtete ich nun Erscheinungen, welche sich durchaus an die von de Bary geschilderten anschlossen. Sehr häufig geschah es, dass die Enden der in Einziehung begriffenen Zweige solche Bilder, wie die in Fig. 16, Taf. II oder Fig. 11 und 12, Taf. III, l. c. bei de Bary abgebildeten zeigten. Dagegen wollte es mir leider nicht gelingen, einen Zustand zu finden, welcher der

[1]) Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität 1864, p. 83.

von Hofmeister (l. c., p. 25) dargestellten Figur entsprochen hätte, ungeachtet letztere auch von Aethalium septicum entstammen soll.

De Bary will die stachelige Differenzirung der Peripherie bei den in Einziehung begriffenen Zweigen erst gesehen haben, wenn die Grundsubstanz derselben ganz von Körnchen entleert war; ich beobachtete sie an Zweigen noch vor deren Entleerung und kann auf das Bestimmteste behaupten, dass die auftretenden Fortsätze nicht der Grundsubstanz des Körnerplasma, sondern der Hautschicht des Plasmodium angehören. Meine Figuren 15—19 zeigen dies deutlich. Ich habe manchmal wie in Fig. 15 die Fortsätze schon sehr frühzeitig, gleich beim Beginn der Einziehung, auftreten sehen. Bei starker Vergrösserung war es leicht zu verfolgen, wie beim Zurückweichen einzelne Stellen der Hautschicht hinter den anderen zurückblieben, so zu feinen, stachelartigen Gebilden werdend.

Es ist wohl denkbar, dass die zurückbleibenden Stellen denjenigen grösserer Dichtigkeit, die zurückweichenden denjenigen geringerer Dichtigkeit in der Hautschicht entsprechen. Die Retardirung wird nicht etwa durch ein stärkeres Anhaften der zurückbleibenden Stellen an der Unterlage bedingt, da die Fortsätze im ganzen Umfange des Zweigendes gleichmässig erzeugt werden. Diese Fortsätze können oft eine bedeutende Länge erreichen, dann sieht das Zweigende wie mit langen Wimpern besetzt aus (Fig. 19). Sehr eigenthümlich machten sich die Fortsätze an manchen Verbindungszweigen, die in zwei entgegengesetzten Richtungen eingezogen wurden. Solche Zweige werden dann in den von ihren Ansatzstellen gleich entfernten Orten immer dünner und bestehen dort schliesslich nur aus Hautschicht; gleichzeitig erscheinen sie dann mit kürzeren oder längeren Stacheln besetzt, welche der Richtung der rückläufigen Ströme entgegen gerichtet sind und somit an den beiden Hälften des Verbindungszweiges umgekehrte Orientirung zeigen (Fig. 20).

Bei beginnendem Rückzug eines Zweiges kann die Hautschicht auch unregelmässige, wulstige Auftreibungen bilden (Fig. 21). Häufig folgt letzteren alsbald die Bildung der stacheligen Fortsätze. Oefters entstehen derartige wulstige Auftreibungen auch tiefer an einem Zweige, welcher an seiner Spitze die stacheligen Fortsätze erzeugt (Fig. 18 u. 19). Gewöhnlich deutet dann dieser Ort den nächsten Punkt an, bis auf welchen der Zweig eingezogen werden wird (Fig. 18).

Wenn ein Zweig beim Rückzug die stacheligen Fortsätze

gebildet hat, beim Eintritt günstiger Umstände aber von Neuem vorzuschreiten beginnt, so werden die Fortsätze in die vordringende Hautschicht wieder aufgenommen. Sind die Fortsätze kurz zuvor gebildet worden, so erfolgt ihre Aufnahme sehr leicht; ist ihre Bildung etwas älteren Datums, so scheint ihre Aufnahme in die Hautschicht mit Schwierigkeiten verbunden zu sein. Da sah ich den Zweig an seinem Ende oft erst bedeutend anschwellen und dann die mit Fortsätzen besetzte Stelle mit einem Ruck aufgerissen werden; neue Hautschicht drang an solchen Orten hervor, alsbald von dem Körnerplasma gefolgt; die stacheligen Fortsätze kamen dann zu den beiden Seiten des neuen Zweiges zu stehen. Eine Abgrenzung der sie tragenden Hautschicht gegen die neu vorgedrungene war übrigens bald nicht mehr zu sehen.

Die geringfügigsten Differenzen, in ihrem Vorhandensein kaum festzustellen, beeinflussen die Gestalt der vordringenden Zweigenden: bald sind letztere gleichmässig abgerundet, bald verschieden ausgebuchtet, theils mit zugespitzten, theils mit rundlichen Vorsprüngen (Fig. 22). Solche Erscheinungen und Differenzen treten auch bei spontanem Einziehen einzelner Zweige auf. Manchmal sieht man dann Bilder, welche an die Stachelbildung erinnern, nur dass die einzelnen Stacheln in ihrer ganzen Länge viel breiter sind, als wären sie aus der Verschmelzung je mehrerer hervorgegangen; die Zweigspitze erscheint dann wie gezähnt. Zwischen solchen gezähnten Rändern und den unregelmässig gebuchteten finden sich Uebergänge.

Ich fixirte eine Anzahl Plasmodien mit 1 % Osmiumsäure, was ebenfalls in der vorzüglichsten Weise gelingt. Fig. 23 zeigt einen im Vorschreiten begriffenen Zweig, der auf diese Weise behandelt wurde und den ich nun erstarrt in Glycerin aufbewahre.

Die merkwürdigsten Bilder bekam ich bei Fixirung der Plasmodien mit 1 % Chromsäure. Wie Fig. 24 nämlich zeigt, war unter dem Einfluss dieses Reagens an den Zweigenden oft das Umgekehrte von dem, was wir bisher gesehen, eingetreten. Die Hautschicht zeigte sich da nämlich in einzelne Stäbchen aufgelöst, die aber nicht der gemeinsamen Unterlage eingefügt waren, vielmehr von einer gemeinsamen Hüllhaut an ihren Spitzen verbunden, an ihrer Basis hingegen zum grossen Theile frei und so unmittelbar auf die Substanz des Körnerplasma stossend. Es mag durch die Chromsäure im ersten Augenblick nur die Peripherie des Plasmodium fixirt werden und die sich eine Weile noch zurückziehende Innenmasse solche Erscheinungen veranlassen.

Ich behandelte dann auch ein im stärksten Rückzug befindliches, stark mit freien, stäbchenähnlichen Fortsätzen bedecktes Plasmodium mit 1 % Chromsäure. Die Stachel wurden erhalten, doch erschienen sie häufig an ihrer Spitze kegelförmig angeschwollen und ausgehöhlt; bei manchen geschah Letzteres in der ganzen Höhe, sie erschienen dann beutelförmig. Es hatten hier eben Vacuolen in den Fortsätzen vor deren schliesslicher Fixirung sich bilden können (Fig. 25 und 26). An den gleichen Präparaten war die Hautschicht oft membranartig niedergeschlagen worden und das Körnerplasma hatte sich dann von ihr an manchen Orten zurückgezogen, so dass nur noch feine Fäden, aus Grundsubstanz des Körnerplasma gebildet, beide verbanden (Fig. 26). Solche Figuren erinnern an Bilder, wie sie bei der Ausbildung mancher Fruchtkörper der Myxomyceten zu sehen sind.[1])

Ich habe mich im Vorhergehenden auf die Schilderung der Strömung selbst, als so oft schon gegeben, nicht eingelassen und führe hier nur zum Schlusse die Figur 27 noch vor, welche ein älteres Stammstück aus dem Inneren des Aethalium-Plasmodiums zeigt. Das Körnerplasma war hier in Strömung, so weit es die Linien im Inneren andeuten. Das Verhältniss des Körnerplasma zur Hautschicht ist in der Abbildung streng eingehalten; ausserdem ist das Stammstück von einer Gallertscheide, de Bary's Hülle, und von den, derselben ein- oder meist aufgelagerten Körpern umgeben, die ich sammt der Hülle für Ausscheidungen: für Excremente halte.

Im Innern der Hautschicht habe ich hier keine Structur beobachten können, weder an frischen noch an künstlich behandelten Objecten; nichtsdestoweniger möchte ich in der so constanten Bildung feiner Fortsätze an den im Rückzug begriffenen Zweigenden, mit Hofmeister, den Ausdruck von Dichtigkeitsunterschieden erblicken, welche in der Moleculär-Structur dieser Hautschicht ihre Begründung finden.

Es haben in letzter Zeit Heitzmann[2]) und Frommann[3]) darauf hingewiesen, dass die Grundsubstanz des Körnerplasma oft einen

---

[1]) Vergleiche Taf. VIII der bereits erschienenen polnischen Ausgabe der Mycetozoen von Rostafiński.

[2]) Sitzber. d. W. Ak. d. Wiss. von April bis Juni, 1873.

[3]) Jenaische Zeitschr. f. Naturw., IX. Bd. 1875, p. 280.

netzförmigen Bau zeige. Ich selbst beobachtete einen solchen Bau in den Eiern der Coniferen und Gnetaceen und wies darauf hin, wie man zwischen Vacuolen und Kammern im Körnerplasma unterscheiden müsse.[1]) Vacuolen sind Tropfen einer wässerigen Flüssigkeit im Plasma, die Kammern dagegen werden gebildet, wenn das Plasma in dünnen, netzförmig verbundenen Platten die Zellflüssigkeit durchsetzt.

Von derartigen Protoplasmakammern wird auch der vordere, helle Raum im Inneren der Vaucheria-Schwärmsporen meist vollständig durchsetzt (Fig. 2).[2]) Stellt man auf denselben scharf ein, so kann man leicht bemerken, wie die Kammern langsam ihre Gestalt verändern.

Eine ähnliche, kämmerige Anordnung des zum grossen Theil mit Chlorophyllkörpern beladenen Körnerplasma zeigen die Zellen der Cladophora.

Andererseits hat Velten auch eine entsprechende Vertheilung des Körnerplasma in Pflanzenhaaren beschrieben. „Für einzelne Fälle ist es erwiesen," schreibt er hierauf[3]), „dass das Protoplasma ein Kanalsystem ist. Die Plasmakörnchen bewegen sich in oder an den Wänden der wässerige Lösungen einschliessenden Kammern; niemals sieht man eine körnchenhaltige Flüssigkeit in dem Protoplasma strömen; es sind nicht in sich zurücklaufende Kanälchen vorhanden, sondern dieselben sind vielfach unterbrochen durch Querwände. Die Configuration der Kammern wird durch die Bewegung der plasmatischen Wände fortwährend verändert; eine kürzere Zeit kann eine Form eingehalten werden."

---

[1]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 20.

[2]) Ich meinte früher, diese Kammern stiessen in der Mitte des Zellraumes in einer gleichmässig-feinkörnigen Plasmamasse zusammen, der ich sogar geneigt war, eine centrale Action zuzuschreiben. Jetzt konnte ich mich an den zahlreich untersuchten Schwärmsporen, die mir hin und wieder, namentlich bei leisem Drucke, völligen Einblick in ihr Inneres gestatteten, sicher überzeugen, dass dieser Raum von Zellflüssigkeit erfüllt ist. Meist ist diese Zellflüssigkeit von den Protoplasmakammern völlig durchsetzt, in manchen Fällen bleibt die Mitte der Flüssigkeit von denselben frei. Ich habe also wohl, als ich im Verhalten dieses hellen Raumes Stützen für dessen centrale Thätigkeit finden wollte, Ursache und Wirkung verwechselt, indem Verhalten und Stellung dieses Raumes von der Hautschicht aus bestimmt werden dürfte. (Zellbildung und Zelltheilung, p. 186.) Hin und wieder findet man auch in den Schwärmsporen mehrere mit Zellflüssigkeit erfüllte Lumina statt des einen. Wiederholt sah ich kleine Krystalle, wohl von oxalsaurem Kalk, in der Zellflüssigkeit liegen.

[3]) Flora 1873, p. 113.

Sehr verbreitet innerhalb mancher jungen und der meisten älteren Pflanzenzellen ist die bekannte Anordnung des Körnerplasma zu einer dünneren oder dickeren Lage auf der Innenseite der Hautschicht, so dass beide zusammen einen Beleg von wechselnder Mächtigkeit an der Wand der Zelle bilden. Wenn unter solchen Verhältnissen die Körnerschicht eine grössere Stärke erreicht, lassen sich oft gewisse Differenzen in dem Verhalten ihrer äusseren, an die Hautschicht grenzenden und ihrer inneren, an die Zellflüssigkeit anstossenden Lagen erkennen, welche auf eine etwas grössere Dichte der äusseren Lagen gegen die inneren hinweisen. Dieses kann sich in der Verschiedenheit der körnigen Einschlüsse äussern, auch wohl darin, dass die inneren Lagen des Körnerplasma sich in Bewegung befinden, wo die äusseren ruhen.[1])

In vielen Fällen durchziehen, von dem Wandbelege ausgehend, zahlreiche bewegliche Fäden des Körnerplasma das mit Flüssigkeit erfüllte Zelllumen.

Bei Aethalium septicum lässt die Grundmasse des Körnerplasma keinerlei Schichtungen erkennen, sie führt gleichmässig vertheilten, körnigen Inhalt, sehr vereinzelt auch contractile Vacuolen.

Eine leicht sichtbare, radiäre Anordnung nimmt das Körnerplasma in sich theilenden, thierischen Zellen, doch nicht proprio motu, sondern unter dem Einflusse des in Theilung eintretenden Zellkernes an. Um dessen Pole erscheint die Grundsubstanz des Körnerplasma strahlig vertheilt, ausserdem bis zu einer gewissen Entfernung körnerlos, da ihre Körner von den Kernpolen abgestossen werden. — Die Strahlen setzen bei ihrer Bildung an die Kernpole an und wachsen an ihren Enden. Die körnerlosen Stellen umgebend, erscheinen sie mit diesen wie zwei helle Sonnen in den sich theilenden Zellen. — Auch bei freier Zellbildung zeigt, in besonders durchsichtigen Fällen, das Körnerplasma radiäre Anordnung um die neuentstandenen Kerne.

Eine ganz bestimmte Differenzirung erfährt das Körnerplasma der Pflanzenzelle bei der Bildung der Chlorophyllkörper. Diese treten, wie bekannt, bei höheren Pflanzen in Körnerform, bei den Algen aber auch in Leisten- Band- oder Stern-Form auf. — Dass diese grüngefärbten Körper wirklich dem Körnerplasma angehören, das zeigen die Fälle wo, wie bei manchen niedersten Algen, das gesammte Körnerplasma grün gefärbt erscheint und nur die Hautschicht farblos ist. Dasselbe folgt überall aus der

[1]) Vergl. hierüber Pringsheim, Pflanzenzelle, 1854, p. 8 u. 9.

Entwicklungsgeschichte, und zwar: dass die Chlorophyllkörper aus der homogenen Grundsubstanz des Körnerplasma hervorgehen. Sie sind gegen das umgebende, ungefärbte Körnerplasma scharf abgegrenzt und zeigen sich an ihrer Oberfläche etwas dichter als im Inneren. Nicht immer ist übrigens diese Verdichtung optisch nachweisbar und nur aus dem Verhalten der Körner bei Quellung zu erschliessen.

Eine weitergehende Differenzirung des Körnerplasma als innerhalb der Pflanzenzellen hat bei vielen Rhizopoden stattgefunden. So wird im Körper der Heliozoen, den ich als seiner ganzen Masse nach aus Körnerplasma bestehend betrachten möchte, eine Mark- und Rindensubstanz, ein Endosark und Ektosark beschrieben. Beide Schichten gehen unmerklich in einander über, können aber auch scharf abgegrenzt sein; doch ist es in allen Fällen nur die Verschiedenheit des Protoplasma, keine besondere Membran, welche die Deutlichkeit der Contour bedingt.[1]) Im Endosark liegt stets der Kern oder die Kerne, das Ektosark ist charakterisirt durch den Besitz der contractilen Vacuolen. — „Bei Actinosphaerium unterscheidet sich die Mark- von der Rindensubstanz im Wesentlichen durch ihre gröbere Körnelung und die dadurch bedingte beträchtliche Undurchsichtigkeit. Ferner ist dieselbe vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich, der Sitz der Verdauung. Das vollkommene Gegentheil ist bei den Heliozoa Skeletophora der Fall. Hier ist die zahlreiche gröbere und feinere Körnchen enthaltende Rinde allein der die Nahrungsaufnahme und Assimilation versehende Theil, während niemals die Nahrungskörper bis in die centralen Partieen des Körpers hineingelangen. Dieselbe bildet in Folge dessen eine feinkörnige oder homogene Masse von mattgraubläulichem Glanz, welche mit einer deutlichen Linie gegen die Rindensubstanz sich absetzt.[2])

Manche Heliozoen zeigen auch innerhalb der von ihrer Oberfläche strahlig entspringenden Pseudopodien eine Differenzirung in einen „Axenfaden“ und die „Rindenschicht“. Bei Actinosphaerium ist diese Sonderung am deutlichsten. Die „Rindenschicht“ der Pseudopodien wird vom Körnerplasma des Ectosark, der „Axenfaden“ aus einer homogenen in Essigsäure sich lösenden Substanz, „vielleicht aus einer Verdichtung des Protoplasma“

[1]) R. Hertwig u. E. Lesser, Archiv f. mikr. Anat. Bd. X, Suppl., p. 161.
[2]) Ebendas., p. 190.

gebildet [1]) und lässt sich durch das Ectosark bis in die Oberfläche des Endosark verfolgen. [2])

Bei Monothalamien kommen noch andere Sonderungen des Körnerplasma vor.

Euglypha alveolata Dujardin und ihr verwandte Formen lassen z. B. im Protoplasmakörper eine hintere, fast hyaline Masse, mit grossem, wasserhellem, kugeligem Kerne, eine mittlere grob- und dunkelkörnige Partie, durch etwa aufgenommene Nahrungsmittel getrübt, meist ganz undurchsichtig, und einen vorderen Abschnitt, mit geringer, feinkörniger Trübung, welcher meist ein oder mehr pulsirende Vacuolen und häufig auch noch Nahrungsmittel enthält, unterscheiden. [3])

Wir wollen es nunmehr versuchen, das Verhältniss des Hautplasma zu dem Körnerplasma näher zu beleuchten. Bekanntlich unterschied Pringsheim zuerst zwischen Hautschicht und Körnerschicht des Protoplasma und zwar bezeichnete er auch das Körnerplasma als „Schicht", weil er dasselbe zunächst an den mit Zellumen versehenen Pflanzenzellen studirte, wo das Protoplasma nur einen stärkeren oder schwächeren Beleg an der Cellulosewand bildete. [4]) Beide Bezeichnungen wurden dann auch auf Protoplasmamassen ohne Lumen übertragen und ich zog es in Anbtracht letzterer Fälle vor, die Bezeichung Körnerplasma statt Körnerschicht des Protoplasma zu brauchen. [5])

Die Hautschicht gilt den meisten heutigen Forschern als die körnchenfreie Grundsubstanz des Protoplasma. [6]) Hofmeister sucht ihre grössere Dichte gegen die innere Masse durch die „allgemeine Eigenschaft tropfbarflüssiger Körper einer die innere Masse weit übertreffender Dichtigkeit ihrer Oberfläche" zu erklären. [7])

Andererseits spricht neuerdings Pfeffer die Ansicht aus, der

---

[1]) Ebendas., p. 162.

[2]) Franz Eilhard Schulze, Arch. f. mikr. Anat., Bd. X, p. 339.

[3]) Ebendas., Bd. XI, p. 100 u. 101.

[4]) Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle, 1854, p. 8.

[5]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl., p. 286.

[6]) Sachs, Lehrbuch der Botanik, IV. Aufl., 1874, p. 41.

[7]) Lehre von der Pflanzenzelle, p. 3. Pringsheim hielt noch (Pflanzenzelle p. 38) die Körnerschicht für dichter als die Hautschicht.

Primordialschlauch sei eine Niederschlagsmembran.[1]) „Das Protoplasma umkleidet sich," schreibt er, „mit reinem Wasser oder mit wässerigen Lösungen in Berührung gebracht, allseitig mit einer zarten Niederschlagsmembran, dem sogenannten Primordialschlauch, welcher sich übrigens auch bei Beachtung bestimmter Vorsichtsmassregeln um beliebige nicht lebensfähige Ballen von Protoplasma bildet.[2]) Pfeffer versteht hierbei jedenfalls unter Primordialschlauch das, was wir als Hautschicht bezeichneten, nicht den Primordialschlauch im Sinne Hugo v. Mohl's, wo derselbe nicht ausschliesslich die Hautschicht, sondern auch das ganze Wandplasma bedeuten kann.

Zunächst steht fest, dass die Hautschicht nicht scharf gegen das Körnerplasma abgegrenzt ist und somit nach der Definition, welche von Mohl für die „Pelicula" an Chlorophyllkörnern gibt, auch nicht als „Membran" zu bezeichnen wäre. Der Name Hautschicht für dieselbe ist jedenfalls sehr glücklich gewählt.[3]) Dass die Hautschicht nicht scharf gegen das Körnerplasma absetzt, vielmehr in dasselbe übergeht, das zeigt hinlänglich der an Plasmodien zu beobachtende Umstand, dass Körnchen des Körnerplasmas durch Ströme herangedrängt in die homogene Hautschicht zeitweise eintreten können. — Auch bei Bildung der Auszweigungen an Plasmodien ergiesst sich plötzlich das Körnerplasma in die vorgedrungene homogene Hautschichtmasse, ohne irgendwie bestimmbare Grenzen gegen dieselbe einzuhalten. Ausserdem sieht man an denselben Plasmodien die Hautschicht, je nach Umständen ihre Stärke verändern, als wenn die Körnchen näher zur Oberfläche vorgedrungen oder von der-

---

[1]) In der Sitzung der niederrheinischen Gesellschaft für Naturwiss. und Heilkunde zu Bonn am 5. Juli 1875 (vergl. Bot. Zeit. 1875, p. 660).

[2]) Auf letztere Erscheinung ist schon früher von W. Kühne hingewiesen worden. Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität, 1864, p. 36 u. ff.

[3]) Häckel nennt (Kalkschwämme, Bd. I, p. 138) die Hautschicht: Rindenschicht, Exoplasma, das innere Körperplasma: Marksubstanz, Endoplasma. „So deutlich, schreibt er, sich die beiderlei Substanzen von einander scheiden, so sind sie dennoch niemals scharf getrennt, gehen vielmehr ohne bleibende Grenzschicht in einander über, ganz ähnlich, wie die hyaline Rindensubstanz und die körnige Marksubstanz des Infusorienkörpers." Auch die Bezeichnungen: Ektosark und Endosark werden von anderen Zoologen für Hautschicht und Körnerplasma gebraucht, dann aber, ebenso wie Rindensubstanz und Marksubstauz, auch zur Bezeichnung von Differenzen im Körnerplasma (so z. B. bei Heliozoen).

selben sich zurückgezogen hätten. Alle diese Thatsachen scheinen nun in der That dafür zu sprechen, dass wir in der Hautschicht nur die verdichtete Grundsubstanz des Protoplasma vor uns haben.

Andere Gründe lassen sich aber auch gegen diese Auffassung anführen. Zunächst solche Fälle, wie in den Zellen der Spirogyra, oder an den Schwärmsporen von Vaucheria, wo die Hautschicht eine ganz besondere, von dem nach innen folgenden Körnerplasma ganz verschiedene Structur besitzt. Da lässt sie sich doch unmöglich mit der Grundsubstanz der Körnermasse identificiren.

Doch auch da, wo eine solche Structur-Differenz nicht existirt, deuten anderweitige Erscheinungen auf die Verschiedenheit des Hautplasma und des Körnerplasma hin.

Wenn eine Schwärmspore der Vaucheria sessilis zur Ruhe gekommen ist und ihre Cilien eingezogen hat, sehen wir die Hautschicht ihre Structur aufgeben. Die Chlorophyllkörner rücken gegen die Peripherie der Schwärmspore hin und scheinen sie fast zu erreichen. Bei Anwendung schwacher Compression kann man sich aber überzeugen, dass die Hautschicht nicht etwa geschwunden ist, vielmehr sich zu einer sehr dünnen, noch stärker als zuvor das Licht brechenden Schicht verdichtet hat. Wird der Druck langsam gesteigert, so platzt die mit einer feinen Cellulosewand umhüllte Schwärmspore und ihr Inhalt beginnt hervorzutreten. Dabei kann man sehen, wie das Körnerplasma längs der Hautschicht abfliesst, während letztere unbeweglich an ihrem Orte beharrt; wie Vacuolen im Körnerplasma dicht an der Hautschicht auftreten, ersteres von letzteren an einzelnen Orten trennend, ohne dass die stark lichtbrechende, durch Druck breiter gewordene Hautschicht selber hierdurch afficirt würde. Die ausgetretenen Ballen des Körnerplasma runden sich zu Kugeln ab in dem umgebenden Wasser und wachsen durch dessen Aufnahme; auf ihrer Oberfläche hat sich alsbald eine Niederschlagsmembran gebildet. Sie erscheinen nunmehr als scharf conturirte, ihrer Hauptmasse nach farblose und homogene Kugeln, deren Inhalt meist einseitig der Kugelwandung anliegt. Setzt man etwas Wasser zu dem Präparate hinzu und hebt so den Druck auf die Schwärmspore auf, so sucht sich auch diese, ihre Wunde schliessend, wieder abzurunden, braucht aber dabei nicht Kugelgestalt anzunehmen. Aehnlich dem Hauptkörper der Schwärmspore verhalten sich dann auch andere mit Hautschicht umgebene Plasmaballen,

die es künstlich gelang, von der Spore abzutrennen. Solche Körper werden auch nicht von einer Niederschlagsmembran umgeben, scheiden vielmehr eine zarte Zellstoffhülle aus; sie sind auch zur weiteren Existenz befähigt, während die von Körnerplasma allein gebildeten Kugeln alsbald zu Grunde gehen. Letztere bersten bei fortgesetzter Wasseraufnahme, wobei ihre zarte Niederschlagsmembran faltig zusammenfällt, ihr körniger Inhalt, dem unmittelbaren Einflusse des umgebenden Wassers ausgesetzt, langsam sich desorganisirt. — Bei Mangel an hinlänglichem körnigen Inhalte müssen auch von Hautschicht umgebene Plasmastücke zu Grunde gehen, die Hautschicht zersetzt sich dann in der Art, dass zunächst Vacuolen in ihrem Inneren sich bilden.

Instructiv sind wegen des Verhaltens der Hautschicht und des Körnerplasma auch die an künstlich verwundeten Vaucheria-Schläuchen eintretenden Erscheinungen. Dieselben sind neuerdings von Hanstein geschildert worden.[1]) Ich durchschnitt gleich ihm mit einer scharfen Scheere die Schläuche von Vaucheria sessilis und konnte nun bei sofortiger Einstellung mit starkem Immersionssystem die ganze Erscheinung deutlich verfolgen. Aus dem Inneren des Schlauches sieht man nun an der Schnittfläche eine blasenförmige Ausstülpung hervortreten; sie wird aus Körnerplasma und Zellsaft gebildet. Rasch wachsend beginnt sie sich als freie Kugel abzurunden, hinter welcher die freien Ränder der sehr dünnen Hautschicht zusammenneigen. In dem Augenblicke, wo die Kugel eingeschnürt wird, haben sich auch die Hautschicht-Ränder erreicht, der Schluss der Wunde durch Hautschicht ist vollzogen. Dieser Schluss kann in den günstigsten Fällen ein definitiver sein, häufiger jedoch wird er noch ein bis mehrmals durchbrochen. Dann sieht man den vorderen Rand der Hautschicht langsam vorrücken; die Zelle nimmt jedenfalls Wasser in ihr Inneres durch die Hautschicht auf und vergrössert so ihr Volumen. Plötzlich wird die Hautschicht von Neuem aufgerissen und es tritt eine neue blasige Ausstülpung aus dem Inneren der Zelle hervor: auch diese wird als Kugel abgeschnürt. Schliesslich bilden die vereinigten Hautschichtränder einen bleibenden Verschluss. Die aus dem Zellinneren ausgestossenen Kugeln wachsen bedeutend an und zeigen durchaus dasselbe Verhalten wie die

[1]) Sitzber. der niederrh. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. Sitzung vom 4. Nov. 1872. Früher schon hatte Thuret dieselben verfolgt. Ann. d. sc. nat. Bot., 2. Sér. 1840, T. XIV, p. 65.

aus den Schwärmsporen ausgedrückten Massen des Körnerplasma.[1]) Sie werden durchsichtig, ihr körniger Inhalt einseitig angesammelt und wenn sie bersten, wird eine an ihrer Oberfläche entstandene Niederschlagsmembran kenntlich. Die Hautschicht verhält sich auch hier also anders wie das Körnerplasma. An der Wandfläche wird aus ihr eine Cellulosemembran ausgeschieden, welche, so wie es auch Hanstein angibt, an die seitlichen Cellulose-Wände des Schlauches ansetzt. Zur Bildung der Cellulose dient auch hier Stärke[2]), denn man sieht Ströme des Körnerplasma mit kleinen Stärkekörnchen beladen von allen Seiten der Hautschicht der Wundfläche zueilen. Zuletzt sammelt sich hier eine starke Schicht feinkörnigen Protoplasmas an, durch welches die Chlorophyllkörner zurückgedrängt werden. So erinnert die Stelle sehr an die normalen Spitzen fortwachsender Schläuche.

Das Weitere über diese Vorgänge bitte ich bei Hanstein nachzusehen und füge hinzu, dass nach kürzlich veröffentlichten Untersuchungen von Van Tieghem die Mucorineen sich in der Fähigkeit, ihre Wunden zu schliessen, wie Vaucheria verhalten.[3])

Wenn ich ein Plasmodium von Aethalium septicum mit scharfem Messer senkrecht gegen dessen Oberfläche in mehrere Stücke zerschnitt, zeigten sich die Schnittflächen zunächst ohne eine scharfe Begrenzung. Die Hautschicht fehlte an denselben und die Körnchen reichten bis an die Peripherie hin, oft sogar unregelmässige Hervorragungen an derselben bildend. An einzelnen Orten konnte ich kugelige Blasen aus dem Inneren des Plasmodium hervortreten sehen. Oft lagen sie in grösserer Zahl aneinander und erschienen mehr oder weniger vollständig mit einander verschmolzen. Sie wurden gebildet aus der Grundsubstanz des Körnerplasma, die meist nur wenige Körner eingestreut enthielt. Ihr Inhalt war sehr dünnflüssig, jedenfalls durch Wasseraufnahme; die Oberfläche alsbald als Niederschlagsmembran erhärtet. Diese Kugeln wiederholen hier also im Allgemeinen die Erscheinungen, die uns für austretendes Körnerplasma schon bekannt sind. Ein Ueberziehen der Wundfläche durch Hautschicht von den intacten Rändern aus, war hier für alle diejenigen Fälle, wo die Wundfläche einige Ausdehnung hattte, ausgeschlossen; die

[1]) Vergl. Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl.

[2]) Amoeboide Bewegungen habe ich an denselben eben so wenig beobachten können als Velten, Flora 1873, p. 102.

[3]) Ann. d. sc. nat. Botanique, VI. Sér. 1 T. 1875, p. 19 u. fl.

Hautschicht wurde also, wenn überhaupt, an der Wundfläche neu erzeugt, was in den von mir beobachteten Fällen stets eine geraume Zeit in Anspruch nahm. Bei der relativ grossen Dichtigkeit der ganzen Protoplasmamasse fand auch die Ausstossung der Kugeln an den Wundflächen nur langsam statt und konnte sich lange an solchen Stellen die keine Hautschicht gebildet hatten wiederholen.

Wie Ballen aus Körnerplasma verhalten sich auch die Chlorophyllkörner, die im Wasser quellen. Wasser aufnehmend können sie in den prägnantesten Fällen schliesslich zu einer Kugel anschwellen, die, von farbloser Wand umgeben und mit sonst farblosem Inhalt erfüllt, meist einseitig im Inneren die grüngefärbten Plasmatheile und deren körnige Einschlüsse führt.[1]) Auch durch dieses Verhalten werden die Chlorophyllkörner, als zum Körnerplasma gehörig, charakterisirt.

Von anders her wissen wir, dass Körnerplasma und Hautschicht nicht die gleichen Beziehungen zu den Zellkernen zeigen, wenn letztere in Action treten, die ursprüngliche Rolle bei der Zellbildung oder Zelltheilung sich aber bewahrt haben.[2]) So sehen wir bei der freien Zellbildung im Embryosack von Ephedra das Körnerplasma radial um die Kerne sich gruppiren, die Hautschicht hingegen an die Peripherie der unter dem Einflusse des Kernes gebildeten Sphäre gedrängt werden. Umgekehrt finden wir, dass die peripherisch in den thierischen Eiern bei der Befruchtung auftretenden Kerne sich von der Hautschicht abstossen und mehr oder weniger bis in die Mitte der Eier rücken. Sie erscheinen alsdann von Strahlen des Körnerplasma, die bis an die Hautschicht reichen, umgeben.

Bei der Theilung der pflanzlichen Zellen wird die Hautschicht in die Aequatorialebene zwischen die beiden neugebildeten Zellkerne gedrängt.

Alle diese Gründe zusammengenommen veranlassen mich, die Hautschicht nicht einfach für die körnchenlose Grundsubstanz des Plasma zu halten, vielmehr für eine bestimmte Modification dieser Grundsubstanz, welche, vornehmlich zum Schutz und zum Abschluss des Plasma nach aussen dienend, mit einer Anzahl eigener, von der Grundsubstanz des Körnerplasma verschiedener Eigenschaften begabt ist. — Hiermit ist nicht gesagt, dass die

[1]) Vergl. die Bilder von Naegeli u. Schwendener. Mikroskop 1867, p. 553.
[2]) Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl. an verschiedenen Stellen.

Hautschicht aus der Grundsubstanz des Körnerplasma nicht erzeugt werden könnte, dass beide nicht leicht in einander übergehen sollten, vielmehr halte ich Beides für so gut wie sicher. Denn wir haben ja gesehen, dass an durchschnittenen Plasmodien des Aethalium septicum die Wunde sich mit neuerzeugter Hautschicht überziehen kann; bei freier Zellbildung findet sich Hautschicht um die neuen Zellen ein, bei Zelltheilung in der zukünftigen Theilungsebene.

Aus allem Diesem geht auch hervor, dass beide Substanzen mit einander mischbar sind; direct lässt sich dies bei Bildung der Auszweigungen an den Plasmodien verfolgen.[1]) Daher auch nirgends im lebenden Plasma die Hautschicht gegen die Körnerschicht scharf abgegrenzt erscheint.

Das Angeführte ergibt aber weiter von selbst, dass die Hautschicht als durch Oberflächen-Spannung entstanden nicht gedacht werden kann. Ich stelle eine solche Verdichtung der Oberfläche, ein solches „Oberflächenhäutchen", im Sinne der Physiker, am Protoplasma durchaus nicht in Abrede, behaupte aber nur, dass die Hautschicht dieses Häutchen nicht sein könne. Denn die Hautschicht ist eben keine blosse Verdichtungsschicht an der Oberfläche des Protoplasma, vielmehr eine aus der Differenzirung desselben hervorgegangene, mit besonderen Eigenschaften begabte Schicht.

Max Schultze und später Kühne nahmen das „Oberflächenhäutchen" im richtigen Sinne für die Erklärung der am Protoplasma beobachteten Erscheinungen in Anspruch und zwar um eine peripherische Verdichtung auch an solchen Plasma-Massen zu erhalten, die keine Hautschicht zu besitzen scheinen. Bei den genannten Autoren wird dieses „Oberflächenhäutchen" combinirt mit den Veränderungen, welche die Oberfläche einer Flüssigkeit erfährt, wenn sie längere Zeit mit Luft oder mit einer anderen Flüssigkeit, die sich nicht mit ihr mischt, in Berührung bleibt.[2]) Diese Betrachtungen führten Max Schultze zu der Vorstellung einer „Contactmembran", einer verschwindend feinen

[1]) Bei Pelomyxa palustris Greeff. ist nach Franz Eilhard Schulze das „oft plötzliche Eindringen von Vacuolen und Körnchen in eine eben vorgequollene Welle des Rindenplasmas sehr auffällig und wohl nur aus einer schon von Greeff angenommenen zeitweisen Mischung oder Durchdringung beider Substanzen, der zähflüssigen contractilen und der inneren dünnflüssigen zu erklären." Archiv f. mikr. Anat., Bd. XI, p. 343.

[2]) Max Schultze, Protoplasma, p. 59.

Haut, die er übrigens auch nur mit Vorsicht auf die lebendige Substanz übertragen wissen wollte. [1])

Erst Hofmeister suchte die Hautschicht als rein physikalisches „Oberflächenhäutchen" zu deuten, da letzteres aber an Flüssigkeiten sicher nicht direct wahrnehmbar ist, so fügte er willkürlich hinzu: dass dasselbe beim Protoplasma in anschaulichster, den Augen direct wahrnehmbarer Weise auftrete.

Meiner Auffassung nach müssen Hautschicht und „Oberflächenhäutchen" durchaus auseinandergehalten werden, und schliesst das Vorhandensein der ersteren nicht die Existenz des letzteren an einem und demselben Gebilde aus, andererseits dürfte aber gerade da, wo die Hautschicht fehlt, das Oberflächenhäutchen kaum vermisst werden.

Diese Erörterungen führen mich dahin, auch die Frage nach der physikalischen Beschaffenheit des Protoplasma hier zu berühren, eine Frage, die neuerdings wieder von Velten behandelt worden ist. [2])

Nach dem heutigen Stande unseres Wissens fühle ich kein Bedenken, die Naegeli'sche Hypothese von der Molecularstructur organisirter Gebilde auch auf das Protoplasma zu übertragen. Ich schliesse mich hiermit der Auffassung an, welche zuerst von Sachs in seiner Experimental-Physiologie der Pflanzen [3]) vertreten wurde.

Damit wird aber nur angenommen, dass auch das Protoplasma aus isolirten, durch mehr oder minder dicke Wasserhüllen getrennten Moleculen aufgebaut sei, ohne über die Form der Molecule irgend eine Vermuthung auszusprechen. Für die Bestimmung der letzteren fehlt es noch an allen Anhaltspunkten. [4])

Durch die Uebertragung der Naegeli'schen Molecularlheorie auf das Protoplasma wird einerseits eine einheitliche Auffassung des Baues organisirter Gebilde angebahnt, andererseits ist diese Hypothese aber auch in der That geeignet, die am Protoplasma beobachteten Erscheinungen auf eine gemeinsame Grundlage zurückzuführen. Denn die bestimmte Gestalt und die activen Lebensäusserungen des Protoplasma lassen sich auf die Thätigkeit seiner Molecule zurückführen; die Eigenschaften, die es mit einer Flüs-

---

[1]) W. Kühne, Protoplasma, p. 35. M. Schultze, l. c., p. 61.

[2]) Sitz. d. k. Akad. d. Wiss., Bd. LXXIII, 1. Abth., März-Heft 1876.

[3]) 1865, p. 443.

[4]) Vergl. hierüber Sachs, Lehrbuch, IV. Aufl. 1874, p. 637.

sigkeit gemein hat, aber auf die die Molecule umgebenden Wasserhüllen. — Auch diese Gesichtspunkte sind bereits von Sachs in seiner Pflanzenphysiologie geltend gemacht worden und kann ich daher Velten (l. c.) nicht beistimmen, wenn er in allen Erscheinungen, wo sich das Protoplasma als Flüssigkeit gerirt, moleculare Aenderungen desselben annehmen will. Ich würde daher auch keine Bedenken tragen, mit Naegeli und Schwendener die Bezeichnung halbflüssig [1]) auf die Consistenz des Protoplasma anzuwenden, wenn ich gleichzeitig, wie es von Naegeli und Schwendener geschehen, hinzufügen könnte, dass sich dieser Ausdruck einzig und allein auf die Consistenz, nicht aber auf den inneren Bau der Plasmagebilde bezieht. — In dem gleichen Sinne liesse sich auch die oft gebrauchte Bezeichnung festflüssig verwenden.

Je wasserreicher das Protoplasma ist, desto ausgeprägter dürften die Eigenschaften auftreten, die es mit einer Flüssigkeit theilt, denn es wäre doch schwer in Abrede zu stellen, dass die Fähigkeit des Protoplasma, zu fliessen, mehrere Plasmakörper in einen zu verschmelzen, Fortsätze einzuziehen, auf die Eigenschaften einer Flüssigkeit hindeuten. Auch treten im lebenden Protoplasma normaler Weise kugelige Vacuolen auf, wenn nur dieses Protoplasma wasserreich genug ist und sonst keine anderen Kräfte die Gestalt der Vacuolen beeinflussen.

Die kugelige Abrundung freier Protoplasmamassen ist in der That meist an molecular veränderten Gebilden, unter abnormen Verhältnissen beobachtet worden, nichtsdestoweniger erfahren eine solche Abrundung auch normale Eier, oder zur Ruhe kommende Schwärmsporen, ohne dass zur gleichen Zeit ihr Zellkern in Thätigkeit getreten wäre und auf dessen Action die genannten Erscheinungen sich zurückführen liessen.

In den vorwiegend eiförmigen Gestalten der in Bewegung begriffenen Schwärmsporen möchte ich fast eine Resultante zwischen den an einzelnen Orten dominirenden festen Gestaltungstrieben und den Eigenschaften als Flüssigkeit erblicken. Instructiv ist gewiss, dass eine Schwärmspore von Vaucheria die verkehrt eiförmige Gestalt, die sie während des Schwärmens besitzt, so lange behält, als ihre Hautschicht die stäbchenförmige Structur noch zeigt. Diese Hautschicht ist stärker am vorderen Ende der Schwärmspore als am hinteren entwickelt, und damit

[1]) Mikroskop, p. 552.

mag es zusammenhängen, dass das vordere Ende der Schwärmspore auch breiter ist und das Zelllumen ihm näher liegt. Sobald die Hautschicht ihre Structur einbüssend auf eine dünne Lage zusammensinkt, und die Körnerschicht mit ihren Chlorophyllkörnern gleichmässig der Peripherie sich nähert, rundet sich die Schwärmspore unter dem nunmehr dominirenden Einflusse des wasserreichen Körnerplasmas zu einer Kugel ab, in deren Mitte das Lumen rückt. — Aehnlich sehen wir die aus einer solchen Schwärmspore herausgedrückten Massen des Körnerplasma sich abrunden, während es mir gelang, theilweise entleerte und künstlich verkleinerte Schwärmsporen von Hautschicht umgeben in den abenteuerlichsten Gestalten aus den Sporangien zu befreien. Gerade nun aber solche theilweise von Körnerplasma entleerte Schwärmsporen hatten eine besonders dicke Hautschicht aufzuweisen und strebten daher am wenigsten, Kugelform anzunehmen, was sie ja aber gerade in erhöhtem Masse thun müssten, wenn die Hautschicht ein „Oberflächenhäutchen" wäre. Ich erhielt sichelförmig gekrümmte und birnförmige Körper, die dem entsprechend auch die sonderbarsten Bewegungen im umgebenden Wasser ausführten, schliesslich aber kugelig wurden, nachdem zuvor die Structur ihrer Hautschicht verschwand und das Körnerplasma bis dicht an die Peripherie vorrückte.

Je dichter das Protoplasma, um so ausschliesslicher kommen die Eigenschaften seiner Molecule zur Geltung und um so fester ist dann seine Consistenz, um so mehr treten die Eigenschaften, der die Molecule umgebenden Wasserhüllen zurück. So dünnflüssig ist das Protoplasma wohl selten, dass es passiv die sphärische Gestalt anzunehmen bestrebt wäre, denn den an austretenden Plasmamassen beobachteten Erscheinungen der Kugelbildung scheint in der That eine Störung der molecularen Verhältnisse vorauszugehen. Man sieht nämlich dasselbe Plasma, das, aus der Zelle entleert, sich sphärisch abrundet, im Inneren der Zelle oft ganz bestimmt geformte, freie Plasmafäden bilden.

Doch wenn auch durch die Wechselwirkung der Molecule jenes Streben zur Kugelform unterdrückt wird, bleibt noch in Folge der Wasserhüllen die leichte Verschiebbarkeit der Molecule gegen einander, welche manche Aeusserungen des Flüssigen am Protoplasma zulässt.

Bestimmt gestaltete Plasmamassen zeigen Strömung im Inneren, ja selbst ihrer Oberfläche; sie verschmelzen wie Flüssigkeitstropfen unter einander, wenn sie sich berühren; sie ziehen

sich fadenförmig aus, wo sie sich trennen sollen, und nehmen, nach erfolgter Trennung, die Fadenstücke wieder in ihr Inneres auf.

Die vorliegenden Beobachtungen verlangen auch an der Oberfläche bestimmt geformter Plasmagebilde ein physikalisches „Oberflächenhäutchen", wie es Flüssigkeiten zeigen. Dieses Häutchen fehlt vielleicht nur auf der Oberfläche sehr dichter Plasmagebilde; ich glaube nicht dass die Existenz einer Hautschicht es für alle Fälle ausschliesst, wenn auch in der That die Festigkeit der Hautschicht meist gross genug ist um auch diese Aeusserung des Flüssigen zu unterdrücken.

Man kann sich denken, dass in Plasmamassen deren Consistenz sich mehr dem Festen nähert, die Molecule grösser sind oder näher aneinandergerückt, die Wasserhüllen kleiner; umgekehrt in wasserreichen Plasmamassen die Molecule kleiner oder mehr auseinandergerückt, die Wasserhüllen grösser. Die Veränderungen der Consistenz aus dem Flüssigen in's Festere oder umgekehrt wäre dann leicht aus der Aenderung der Grösse der Molecule oder der Aenderungen ihrer gegenseitigen Entfernung zu begreifen und müsste Wasserverlust schon allein eine Festigkeitszunahme zur Folge haben.[1]) — Freilich würde diese Aenderung der Consistenz nicht ausreichen, um sonstige am Protoplasma eintretende Veränderungen zu erklären, und beispielsweise haben wir gesehen, dass die Eigenschaften der Hautschicht sich nicht aus der Annahme allein erklären lassen, dass sie die verdichtete Grundsubstanz des Protoplasma sei. Um solche und noch weitergehende Unterschiede zu begreifen, müssen wir auch eine Verschiedenheit der das Plasma in seinen Theilen aufbauenden Molecule annehmen, eine Verschiedenheit, welche deren Eigenschaften nach einer gewissen Richtung beeinflusst.

Die Hautschicht kann am Protoplasma fehlen, und da solche Fälle besonders instructiv sind, so will ich hier auf dieselben näher eingehen.

Eine Hautschicht hat sich bis jetzt nicht nachweisen lassen bei der grössten Zahl der Rhizopoden, oder richtiger gesagt: bei allen Rhizopoden, wenn man diese Bezeichnung mit R. Hertwig und E. Lesser auf die mit verästelten, wurzelförmigen Pseudopodien versehenen Organismen beschränken will.[2])

Wir wollen hier zunächst die typischen Formen mit leicht-

[1]) Vergl. hierüber auch Velten, Sitzber. l. c., p. 9.

[2]) Arch. f. mikr. Anat., Bd. X, Suppl. 1874, p. 43.

fliessenden, körnchenreichen Pseudopodien in's Auge fassen. Diese Pseudopodien werden von gleichmässigem Körnerplasma gebildet und die Consistenz ihrer Oberfläche ist eine „so geringe, dass fremde Körper, welche an dieselben anstossen, fast augenblicklich in dieselbe aufgenommen werden können". [1]) Dabei streifen die fliessenden Körner dicht an die Oberfläche, ja sie springen an derselben vor. Die ganze Oberfläche befindet sich mit in fliessender Bewegung und man kann sehen, dass fremde Körper [2]), so dem Beobachtungswasser zugefügte Carmin- oder Stärkekörner [3]), welche an der Pseudopodien-Oberfläche haften geblieben, an derselben fortgeführt werden. Sie bewegen sich dabei gleichzeitig in verschiedener Richtung an demselben Pseudopodium. Die Pseudopodien verschmelzen ausserordentlich leicht mit einander. — Hier gibt es keine andere Hülle als das physikalische Oberflächenhäutchen. Wie merkwürdig und wie bezeichnend bleibt es hierbei, als Hinweis auf anderweitige complicirte Molecularvorgänge im Protoplasma, dass die Pseudopodien, die bei einem und demselben Individuum so leicht mit einander verschmelzen, sich fliehen, wenn sie verschiedenen Individuen derselben Art angehören. [4]) So ist es wenigstens in der grossen Mehrzahl der Fälle, während doch andererseits auch Beispiele bekannt sind, wo das Umgekehrte stattfindet, so bei den colonienbildenden Rhizopoden. [5])

Ganz wie die leichtfliessenden Pseudopodien der Rhizopoden verhalten sich die fadenförmigen Protoplasmaströme im Inneren der Pflanzenzellen, so wie sie in den Tradescantia-Haaren bekannt, oder wie ich sie im Inneren der Spirogyra-Zellen beobachten

---

[1]) Max Schultze, Protoplasma, p. 28.

[2]) Johannes Müller, Abh. d. Ak. d. Wiss. zu Berlin, 1858, p. 9. Haeckel, Radiolarien 1862, p. 91.

[3]) Vergl. Max Schultze, Protoplasma. p. 26.

[4]) Protoplasma, p. 25.

[5]) Während z. B. andere Gromien sich nicht vereinigen, besitzt Gromia socialis Carter. die Neigung, mit anderen ihrer Art zu kleineren Gesellschaften zu verschmelzen; zunächst verschmelzen einzelne Pseudopodien nahegekommener Thiere, so dass Fadennetze entstehen, durch allmähliches Verkürzen dieses Fadennetzes kommen die Thiere schliesslich mit ihren Mündungen an einander; von der verschmolzenen Protoplasmamasse, welche zwischen den nebeneinander gelegenen Mündungen der so vereinten Thiere gelegen ist, strahlen dann die Pseudopodien nach allen Richtungen nach aussen. (F. E. Schulze, Archiv f. mikr. Anat., Bd. XI, p. 121—122.)

konnte. [1]) Auch aus diesen Strömen kann man einzelne Körner oft an der Peripherie vorspringen sehen und befindet sich diese Peripherie mit in Bewegung. Sehr schön sah ich das in halb ausgewachsenen Tradescantia-Haaren, deren Zellen, noch mit farblosem Zellsaft erfüllt, zahlreiche, relativ grosse Stärkekörner enthielten. Diese Stärkekörner wurden von den Strömen mitgeführt, öfters war ihr Durchmesser grösser als der Durchmesser des Stromes, sie ragten aus demselben hervor; Letzteres geschah oft auch aus stärkeren Strömen. Nicht selten fiel ein Stärkekorn ganz aus dem Strome heraus und blieb unbewegt liegen, um nach einiger Zeit demselben Strome oder einem anderen wieder anzuhaften und an dessen Oberfläche mit fortgeführt, ja bald auch in dessen Inneres aufgenommen zu werden. Somit zeigte sich hier das gleiche Verhalten, das man an den Pseudopodien der Rhizopoden beobachten kann, wenn man dem Untersuchungswasser Stärkekörner beigemengt hat. Ich selbst sah gelegentlich die Strömung bei Gromia oviformis und wüsste in der That nicht die Strömung in ihren Pseudopodien von derjenigen in den Zellen der Tradescantia-Haare zu unterscheiden. Somit kommt meiner Ueberzeugung nach auch den die Tradescantia-Zellen durchsetzenden Strömen keine andere Hülle als das rein physikalische „Oberflächenhäutchen“ zu, und ein solches dürfte auch hier und anderswo nur das Wandplasma besitzen an der Fläche, mit der es an die Zellflüssigkeit grenzt. Andererseits wird aber zum Unterschied von den Pseudopodien der Rhizopoden das ganze in Bewegung befindliche Körnerplasma der Tradescantia nach aussen, gegen die Zellwand hin, von der in Ruhe befindlichen [2]) differenten Hautschicht abgegrenzt.

Bei Spirogyra orthospira fanden wir unter Umständen die ruhende Hautschicht aus radialen Stäbchen aufgebaut, während an ihrer Innenfläche das mit Stärkekörnern beladene Körnerplasma sich in lebhafter Strömung bewegte.

In den Zellen der Spirogyra orthospira sah ich auch neue Stromfäden, welche frei die Zellflüssigkeit durchsetzen sollten,

---

[1]) Vergl. hierüber auch Max Schultze, Müller's Archiv 1858, p. 335 und Haeckel, Rodiolarien 1862, p. 98. Dass das Protoplasma der Pflanzenzelle „wenn nicht identisch, so doch in hohem Grade analog“ der thierischen Sarcode sei, sprach zuerst F. Cohn 1850 aus. Nova Acta nat. cur. Vol. XXII, p. 664.

[2]) Max Schultze, Protoplasma, p. 41. Velten, Flora 1873, p. 100.

sich ganz wie die Pseudopodien der in Vergleich gezogenen Rhizopoden bilden. — „Verfolgt man," schreibt Max Schultze [1]), „an einer eben auf den Objectträger gebrachten Miliolide das Ausstrecken der Pseudopodien, so bemerkt man, dass alle schnell und in grader Linie sich verlängernden Fäden an dem Ende abgerundet oder mit einer kolbenförmigen Anschwellung versehen sind. „Letztere schwankt im Vorrücken wie tastend hin und her. Im Moment der Berührung mit einem anderen Faden „zertheilt sich die knopfförmige Anschwellung wie eine platzende, mit Flüssigkeit gefüllte Blase und mischt ihre Substanz der des begegnenden Fadens bei, genau wie wenn ein kleiner Fetttropfen in einem grösseren aufgeht." — „Sehr oft begegnet es Einem, dass, wenn man den Moment der Verschmelzung zweier einander entgegenlaufenden Fäden erwartet, dieselben in verschiedenen Ebenen übereinander hinwegziehen. Ja die Verschmelzung scheint ausbleiben zu können auch bei directer Berührung. Es muss danach wahrscheinlich ein Act der Willkür mitwirken, oder es ist ein Hinderniss zu überwinden, wie zwei Fetttropfen oft erst zusammenfliessen, wenn sie mit einer Nadel angestochen werden." Bei Spirogyra orthospira traten die Pseudopodien am zahlreichsten aus dem den Kern umgebenden Körnerplasma während der Theilung hervor. Sie wurden als Höcker oft fast körnerloser Grundsubstanz sichtbar, in welche bald neue Plasmamassen und Körner einwanderten. Die Höcker verwandelten sich so in freie Fortsätze, die frei in die Zellflüssigkeit hineinragten. Diese Fortsätze waren auch hier an ihrer Spitze abgerundet, meist keulenförmig angeschwollen und führten gleichsam tastende Bewegungen aus. Erreichten sie, länger werdend, andere Plasmatheile, so sah man sie mit denselben verschmelzen, im umgekehrten Falle konnten sie wieder eingezogen werden. Solche Pseudopodien sah ich auch an den vorspringenden Innenkanten der Chlorophyllbänder sich bilden. Es können auf diese Weise also freie Plasmaströme gebildet werden, während dieselben in anderen Fällen wohl auch entstehen, wenn durch Auftreten von Vacuolen eine zusammenhängende Plasmamasse zerklüftet wird. Meine Beobachtungen über die Bildung der Plasmafäden bei Spirogyra schliessen sich also an die Angaben von Heidenhein [2]) Haeckel [3])

[1]) l. c., p. 24.
[2]) Studien, Heft II 1863, p. 68.
[3]) Radiolarien, p. 98.

und Hofmeister [1]) an, während sie keine Stützen für die Auffassung Hanstein's [2]) abgeben, der zufolge die Fäden als seitliche Falten aus der Fläche des Wandprotoplasma hervortreten sollten; auch nicht für die Deutung Velten's [3]), dass sie durch Anschwellen eines Insuccationskanals emporgehoben würden.

Aus der Structur, wie sie hin und wieder an der Hautschicht beobachtet wird, und der Art, wie letztere sich bei Zelltheilungen in der zukünftigen Trennungsebene ansammelt, folgt schon zur Genüge, dass sie nicht eine Niederschlagsmembran sein kann, und darf überhaupt nicht von den Niederschlagsmembranen aus, wie sie künstlich an Eiweissmassen erhalten werden, auf das Vorhandensein derselben an der Oberfläche des lebenden Protoplasma geschlossen werden. Das zeigt sich am augenfälligsten in dem Verhalten der nackten, nur aus Körnerplasma bestehenden Pseudopodien vieler Rhizopoden, denn während aus dem Inneren der Zellen herausgetriebenes Körnerplasma sich sofort mit einer Niederschlagsmembran überzieht, lässt sich an jenen Pseudopodien eine solche Membran durchaus nicht nachweisen.

Eine Niederschlagsmembran fehlt aber auch an der Peripherie der Hautschicht der zum freien Leben angepassten Plasmamassen, wie solche die Plasmodien oder Schwärmsporen bilden. Letztere bedecken sich schliesslich mit einer Cellulosemembran, die ein Auscheidungsproduct des Protoplasma, aber keine Niederschlagsmembran desselben ist.

Zeigt die Hautschicht in Pflanzenzellen gewisse Eigenschaften einer Niederschlagsmembran, so sehe ich hierin eben nur den Beweis, dass sie diese Eigenschaften mit den Niederschlagsmembranen theilt, kann aber dem Schluss nicht beitreten, dass sie selbst nur als eine solche Membran aufzufassen sei. Letztere Deutung wird ja wohl durch alle in diesem Aufsatze niedergelegten Beobachtungen und Betrachtungen von vorne herein ausgeschlossen.

Eine Niederschlagsmembran können wir eben so wenig auf der Innenseite des Wandplasma wo letzteres in Pflanzenzellen an Zellflüssigkeit grenzt, noch an den frei den Zellsaft durchsetzenden Plasmafäden gelten lassen.

---

[1]) Lehre von den Pflz., p. 44 u. 45.
[2]) Sitzb. d. niederrh. Gesellsch. in Bonn 1870, p. 221.
[3]) Flora 1873, p. 125.

Eine andere Frage ist es, ob eine solche Niederschlagsmembran auch an der Oberfläche der im Protoplasma gebildeten Vacuolen fehle. An contractilen Vacuolen ist sie sicher nicht vorhanden, das zeigt ihr völliges Schwinden bei der Systole. [1]) Bei stabilen Vacuolen mag sie immerhin auftreten können, manche Fälle, die ich beobachtet habe, sprachen scheinbar dafür; gewöhnlich dürften aber auch solche Vacuolen nur durch das physikalische „Oberflächenhäutchen" abgegrenzt sein. — Ob sich hier zu dem Oberflächenhäutchen eine anderweitige Verdichtung der Oberfläche im Sinne der Max Schultze'schen „Contactmembran" gesellen kann, will ich dahingestellt lassen.

Es muss hier mit Brücke und Max Schultze immer wieder davor gewarnt werden, die an leblosen Flüssigkeiten gemachten Beobachtungen ohne Weiteres auf eine lebende Substanz zu übertragen, welche fortwährenden Veränderungen in ihrer ganzen Masse ausgesetzt ist.

Wie complicirt der moleculare Bau der protoplasmatischen Substanz sein müsse, das lehrten uns am besten die Erscheinungen, die wir an den in Theilung begriffenen Zellkernen beobachtet haben. [2]) Zunächst wird die Substanz des Zellkernes ganz homogen, dann tritt eine Sonderung in ihr ein, indem gewisse Bestandtheile derselben sich an zwei entgegengesetzten peripherischen Stellen des Zellkernes ansammeln. Sie bestehen aus der activen Kernsubstanz und bilden die Pole. Von diesen beiden Polen werden andere Bestandtheile der Kernsubstanz abgestossen und sammeln sich, fliehend, in der Aequatorialebene des Zellkernes zur Kernplatte an. Zwischen Kernpolen und Kernplatte bleiben endlich noch Fäden einer anderweitigen Kernsubstanz zurück, welche beide verbindet. Auf solchem Zustande hat der Kern meist eine spindelförmige Gestalt. Die active, an den Polen angesammelte Kernsubstanz tritt ihrer Masse nach gegen die übrige sehr zurück. In thierischen Zellen war sie als ein besonderes Knöpfchen markirt, bei den Pflanzenzellen oft kaum zu unterscheiden. Nach den Vorgängen an thierischen Eiern urtheilend, habe ich es wahrscheinlich zu machen gesucht, dass es vornämlich

---

[1]) Bei verschiedenen Infusorien treten an Stelle der geschwundenen Vacuole mehrere Tropfen auf, welche miteinander zusammenfliessen (Wrześniowski, Archiv f. mikr. Anat., Bd. V, p. 34).

[2]) Vergl. Zellbildung und Zelltheilung, II. Aufl.

die active Kernsubstanz ist, die bei der Befruchtung als männliches Element in das Ei eingeführt wird. Die Masse der Kernplatte ist in den pflanzlichen Zellen meist relativ beträchtlich, durchgehend stärker als in den thierischen Zellen, was mit der Ausbildung der aus der Kernplatte hervorgehenden Kernfäden in pflanzlichen Zellen zusammenhängt. Die fadenförmige Zwischenmasse, welche die Pole mit der Kernplatte verbindet, ist stärker oder schwächer vertreten; meist steht sie sehr bedeutend zurück gegen die Masse der Kernplatte. So erscheint uns der Zellkern aus verschiedenen Substanzen zusammengesetzt, sicher noch differenter als diejenigen, die wir als Hautplasma und Körnerplasma unterscheiden konnten.

Jeder der durch Theilung entstandenen oder auch in anderen Fällen frei angesetzten Zellkerne ist zunächst ganz homogen, zeigt dann aber eine meist mit Grössenzunahme verbundene Differenzirung, die sehr häufig damit endet, dass sich am Zellkern eine dichtere Kernhülle, ein von dieser umschlossener minder dichter „Kernsaft", wie ihn die Zoologen nennen, und in demselben suspendirte Kernfäden unterscheiden lassen. Bei der Formausbildung der Zellkerne und ihrer Kernkörperchen mögen auch die flüssigen Eigenschaften des Protoplasma zur Geltung kommen und es erklären, warum diese Gebilde so häufig kugelrund sind. Selbstverständlich ist der Zellkern deshalb noch nicht ein Flüssigkeitstropfen, denn ausser den Eigenschaften die sein Plasma mit Flüssigkeiten gemein hat, kommen die activen Eigenschaften seiner Molecule hinzu, die ihn zu den complicirten Vorgängen befähigen, die sich in seinem Inneren abspielen.

Mit der Unterscheidung von Hautplasma und Körnerplasma haben wir eine so verbreitete Differenzirung des Protoplasma berührt, dass eine allgemeine Behandlung derselben möglich war. Mit Recht bemerkt wohl Max Schultze [1]), dass „eine Rinde an fast allen als Zellen fungirenden Protoplasmamassen vorzukommen scheint." — Dass aber diese Differenzirung keine ein für alle Mal an die Natur des Protoplasma gebundene sei, das zeigten uns die Rhizopoden mit ihren von Hautschicht entblössten, wahrhaft nackten Pseudopodien.

Diese Pseudopodien, in den typischen Fällen, aus leichtfliessendem, körnerhaltigem Plasma gleichmässig gebildet, haben

[1]) Protoplasma, p. 58.

übrigens innerhalb der Gruppe ziemlich tiefgehende Modificationen erfahren, deren Betrachtung wohl geeignet ist, uns in weitergehende Veränderungen, welcher das Protoplasma fähig ist, einzuführen.

„Wer viele verschiedene Arten von Rhizopoden aufmerksam untersucht hat," schreibt Max Schultze [1]), „weiss sehr wohl, dass ihre Pseudopodien eine sehr verschiedene Consistenz und demnach auch eine sehr verschiedene Neigung zum Zusammenfliessen haben können." Unter den Gromiden, meint er, treten die Extreme am schärfsten hervor bei den beiden Arten: Gromia oviformis und Gromia Dujardini. Die Pseudopodien der ersten gehören zu den körnerhaltigen, leicht fliessenden, sie sind reich und mannigfaltig verzweigt und zeigen viele Anastomosen; die Pseudopodien der letzteren hingegen sind völlig hyalin, äusserst träge in ihren Bewegungen, so starr und fest, dass sie keine Neigung zum Zusammenfliessen haben, auch wenn sie sich berühren, und verzweigen sich kaum.

„Die Pseudopodien der Monothalamien," schreiben R. Hertwig und E. Lesser [2]), „sind sehr vielgestaltig. Einerseits cylindrische, stumpfe, unverästelte und nicht verschmelzende, körnchenlose Pseudopodien, andererseits zarte, spitz endende Fäden, welche sich vielfach verästeln und mit benachbarten confluiren, sowie mit einer regen Körnchenströmung und lebhaften Contractilität begabt sind. Zwischen diesen Extremen gibt es jedoch vielfache Zwischenstufen. So können die stumpfen Pseudopodien Körnchen in ihr Inneres aufnehmen und verschmelzen, die spitzen hinwiederum körnchenfrei ohne Verästelung und ohne Anastomosen auftreten." — „Die Fortsätze desselben Thieres können sogar unter einem vielgestaltigen Bilde erscheinen. [3]) Gleichwohl kann man im Grossen und Ganzen zwei Arten Pseudopodien, spitze und stumpfe, unterscheiden und darnach die Monothalamien eintheilen in Rhizopoda und Lobosa, wenn man sich dabei bewusst bleibt, dass die hierdurch ausgedrückten Unterschiede keine schroffen und unvermittelten sind."

---

[1]) Protoplasma, p. 28.

[2]) l. c., p. 85.

[3]) Gromia granulata, F. E. Schulze, z. B., deren glashelle, körnchenlose, fadenförmige, wiederholt sich spitzwinklich theilende Pseudopodien leicht netzartig mit einander verschmelzen, streckt manchmal auch kleine, lappenförmige Protoplasmafortsätze zwischen den fadenförmigen hervor, zieht sie bald aber wieder ein (Franz Eilhard Schulze, Archiv f. mikr. Anat., Bd. XI, p. 118.

Unter den den Monothalamien nächst verwandten Heliozoen erfahren dann die Pseudopodien die schon früher erwähnte Differenzirung in einen festen, homogenen Axenfaden und flüssigeren, körnchenhaltigen Ueberzug.

Bei den Monothalamia Lobosa andererseits wird eine Differenzirung im Protoplasma der Pseudopodien kenntlich, die zu dessen beliebter Sonderung in äussere Hautschicht und inneres Körnerplasma führt. Während das Protoplasma der Pseudopodien bei allen Arcellen und dem grössten Theile der Difflugien durchweg homogen ist, fliessen bei einem kleineren Theile der letzteren die feinsten Körnchen der Körpersubstanz in die centralen Partien der Pseudopodien hinein.[1])

Die echten Amoeben zeigen an ihrem ganzen Körper oft besenders scharf die Sonderung in Hautschicht und Körnerplasma durchgeführt. Diese Amoeben sind wiederum leichter oder schwerer flüssig, und es ist zur weiteren Beleuchtung der moleculären Structurverhältnisse des Protoplasma von grossem Interesse, zu verfolgen, in welcher Beziehung ihre Consistenz zu ihrer Körperform steht. Die leichtfliessenden Amoeben kommen der Tropfenform am nächsten, wenn selbst auch bei diesen die Action innerer Kräfte sich fortwährend geltend macht und in mannigfachem Wechsel der Gestalt dieses Streben zur Tropfenform überwindet. Sinkt die Thätigkeit der Körpermolecule, kommt die Amoebe zur Ruhe, so rundet sie sich kugelig ab. — Die schwerflüssigen Amoeben haben andererseits die bestimmtesten und stabilsten Formen aufzuweisen, wie sie uns beispielsweise die bekannte morgensternförmige Amoeba radiosa Ehrenberg's zeigt.[2]) Das Formbestimmende scheint hier bei weitem vorwiegend die Hautschicht zu sein.

---

[1]) R. Hertwig und E. Lesser, l. c., p. 93. Vergl. auch Fr. E. Schulze, Archiv f. mikr. Anat., Bd. XI, p. 337.

[2]) In dieser Form, schreibt L. Auerbach (Zeitschrift f. wiss. Zool. 1856, Bd. VII, p. 402), verharren die Amoeben oft sehr lange starr und regungslos. Andere Male aber sieht man sie einzelne ihrer Fortsätze tasterartig bewegen und selbst knieförmig beugen und strecken; oder es fängt nach einiger Zeit das Thier an unter dem Anscheine des Zerfliessens sich auszubreiten und dann herumzukriechen. Viele Individuen trifft man andererseits zu Anfang der Untersuchung kugelig an, welche alsbald Fortsätze treiben und die Morgensternform annehmen oder auch zu kriechen anfangen. — Es ist wohl denkbar, dass Wasserabnahme oder Wasserzunahme im Körper unmittelbar dessen geschildertes Verhalten beeinflussen.

Franz Eilhard Schulze beobachtete neuerdings eine ganz merkwürdige Amoebe: die Mastigamoeba aspera, welche eine hyaline, zähflüssige Hautschicht nnd von dieser umschlossenes dünnflüssiges Körnerplasma zeigend, vorwiegend bilateral entwickelte dicke Pseudopodien und vorn ausserdem eine Geissel aufzuweisen hatte. [1])

Eine eigene Differenzirung und Formgestaltung zeigt die Hautschicht an den Geisselzellen der Schwämme, wie das von James Clark, Carter und vornehmlich von Haeckel [2]) beschrieben wurde. An den übrigen Flächen nur als dünne Schicht das Körnerplasma überziehend, schwillt sie nämlich an der Endfläche der Geisselzelle zu besonderer Stärke an. Sie bildet hier einen hyalinen, cylindrischen Hals, der aus seinem Mittelpunkte eine lange, dünne, bewegliche Geissel hervorsendet, an seinen Rändern aber zu einem dünnen Trichter sich ausbildet, der kragenförmig die Geissel umgibt. Die Geisselbewegung kann in amoeboide Bewegung verwandelt werden entweder im normalen Verlaufe der späteren Entwickelung oder unter besonderen physiologischen Verhältnissen, oder auch bei künstlicher Zerzupfung des Endoderms. Dann wird nicht nur die Geissel, sondern auch Kragen und Hals der Geisselzelle in die gleichmässig sich um die Zelle vertheilende Hautschicht eingezogen. Die längliche, cylindrisch-konische Gestalt der Geisselzelle geht in eine rundliche oder subsphärische über und nun beginnen überall auf der Oberfläche der Hautschicht feine, langsam sich bewegende Fortsätze aufzutreten, welche ihre Grösse, Gestalt und Zahl langsam ändern. [3])

Die autonomen Formgestaltungen der Plasmakörper, die uns an den angeführten Beispielen in so anschaulicher Weise entgegentreten, gestatten uns auch eine Vorstellung von den manigfachen Vorgängen, wie sie bei den Structurdifferenzirungen in thierischen Körpern sich abspielen müssen. Denn die Structurdifferenzirung der Thiere ist vornämlich durch eine bleibende Gestaltung ihrer constituirenden Plasmamassen bedingt. — Bei den Pflanzen sind es hingegen mehr Aussonderungsproducte des Protoplasma, an welche auffälligere Structurdifferenzen geknüpft sind, während das Protoplasma selbst in ziemlich unveränderter Form uns hier fast überall entgegentritt. Nur in den Geschlechtspro-

---

[1]) Archiv für mikr. Anat. Bd. XI, p. 583.

[2]) Die Kalkschwämme 1872. Bd. I, p. 140 u. ff. Vergl. dort die Literatur.

[3]) So Haeckel l. c., p. 408 und 409.

ducten finden wir auch bei den Pflanzen unmittelbare Erzeugnisse des Protoplasma, die den entsprechenden und anderen Gebilden des Thierreichs sich zur Seite stellen lassen. — Die Protisten verhalten sich in einzelnen ihrer Gruppen sehr verschieden und bald zeigt ihr protoplasmatischer Körper kaum eine sichtbare Sonderung, bald erreicht hier diese Sonderung die allerhöchsten Maasse. Kunstvoll differenzirte Aussonderungsproducte begleiten manchmal den mehr oder weniger zusammengesetzten, oft aber gerade den einfachsten Protoplasmaleib.

Abgesehen von seinen inneren Structurverhältnissen ist aber das Protoplasma im ganzen, organisirten Reiche, ob unmittelbar oder mittelbar, als der Träger der Gestaltung anzusehen.

Wenn wir auch, wie erwähnt, die inneren Structurverhältnisse der Pflanzen fast ausnahmslos an Aussonderungsproducte des Protoplasma gebunden finden, bleibt die Möglichkeit doch offen, dass das Protoplasma auch hier einmal unmittelbar in complicirte Sonderungsverhältnisse eintrete. Dabei geht es hier aber als lebende Substanz unter, während es bei den meisten seiner Differenzirungen in thierischen Körpern, so wie ganz im Allgemeinen bei seiner Umbildung in Geschlechtsproducte, innerhalb der lebensfähigen Modificationen verbleibt. Eine Grenze zwischen lebenden und leblosen Producten des Protoplasma wird übrigens an vielen Orten nicht scharf zu ziehen sein.

Der Fall, um den es sich hier handelt, tritt uns bei relativ hoch organisirten Pflanzen und zwar in den Sporangien der Hydropterideen (Rhizokarpeen) entgegen.

Meine diesbezüglichen Angaben für Azolla [1]) fanden ihre Stütze in den gleichzeitig erschienenen entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen von Russow über Marsilia [2]), bald in ähnlichen Untersuchungen Juranyi's über Salvinia [3]). Aus den letztgenannten Arbeiten geht unzweifelhaft hervor, dass das complicirt gebaute Episporium an den Makrosporen, sowie die Zwischenmasse, welche die Mikrosporen der Hydropterideen verbindet, ein unmittelbares Differenzirungsproduct des umgebenden Protoplasma ist.

---

[1]) Ueber Azolla, 1873, p. 62 u. 71.

[2]) Histologie und Entwicklungsgeschichte der Sporenfrucht von Marsilia 1871 und Vergleichende Untersuchungen, Mém. de l'Ac. imp. d. sc. de St. Pétersbourg, VIIème Série, Tome XIX, p. 52 u. ff. 1872.

[3]) Ueber die Entwicklung der Sporangien und Sporen der Salvinia natans, 1873.

Die junge Makrospore von Marsilia wird von einer aus den Specialmutterhäuten hervorgegangenen, dünnflüssigen Hülle umfasst, um welche sich alsbald feinkörniges, bräunlich tingirtes Protoplasma zu einer Blase ansammelt.[1]) Die Protaplasmablase nimmt Ellipsoidform an. Fast an ihrer ganzen, inneren Peripherie tritt nun plötzlich eine in zwei Schichten differenzirte, verhältnissmässig äusserst dicke, hellbraun tingirte[2]) Haut auf. Von den beiden Schichten ist die innere structurlos und von geringer Mächtigkeit, die äussere aus sechseckigen, radialgestellten, dünnwandigen und mit granulirter Flüssigkeit erfüllten Prismen zusammengesetzte, von einer Dicke, welche dem dritten Theile der definitiven Mächtigkeit dieser Schicht gleichkommt. In Wasser jetzt gebracht, werden nach einigen Minuten sämmtliche Contouren der Haut undeutlich und alsbald in eine farblose, vacuolige Protoplasmamasse verwandelt. — Diese Haut wird also unzweifelhaft aus dem Protoplasma selbst gebildet. Hat sie die halbe Mächtigkeit des definitiven Zustandes erreicht, so wird sie von Wasser nicht mehr angegriffen. Das die Haut umgebende Protoplasma bildet noch eine hyaline, dünne Schicht an ihrer Oberfläche Dann schwindet die die Spore umgebende Flüssigkeit und ihre Membran legt sich der aus Protoplasma gebildeten Haut: dem Episporium, an, um mit ihm fest zu verwachsen. — Bei der Reife wird der Inhalt der Prismen des Episporiums durch Luft ersetzt.

Bei Salvinia sieht man die junge Makrospore ebenfalls von einer protoplasmatischen Substanz umgeben, welche, wie Juranyi zeigt[3]), aus den zerfallenen Mantelzellen des Sporangium und der übrigen Sporen stammt. In dieser Plasmamasse beginnt die definitive Differenzirung mit der Vermehrung der Vacuolen, welche schliesslich an allen Orten aneinanderstossen und das schaumartige Episporium bilden. Bei Salvinia ist dieses Episporium, wie wir sehen, viel einfacher gebaut als bei Marsilia, auch bei letzterer tritt es aber an Verwickelung des Baues noch weit hinter dasjenige der Azollen zurück.

Bei letzteren besteht das Episporium, welches die Makrospore umgibt, aus zwei verschiedenen Theilen: einer unteren mehr oder weniger kunstvoll gebauten Haut und einem oberen, massigen

---

[1]) Russow, vergl. Unters., p. 53 u. ff.
[2]) Ebendas., p. 53 u. ff.
[3]) l. c., p. 14 u. ff.

Körper, den ich als Schwimmapparat bezeichnet habe, weil er die Spore später schwimmend auf der Oberfläche des Wassers erhält. Figur 28, aus meiner Abhandlung über Azolla entnommen, zeigt eine solche Makrospore von A. filiculoides Lam. in dem Sorus eingeschlossen, den sie nach Resorbtion aller gleichzeitig mit ihr angelegten Sporen und selbst des Sporangiums, vollständig erfüllt. Der Schwimmapparat besteht hier aus drei annähernd birnförmigen Körpern von schaumiger, derjenigen des Episporium von Salvinia entsprechender Substanz. (Fig. 29.) [1]) An einzelnen Stellen finden sich in dieser Substanz Concremente. (Fig. 30.) Am Scheitel der birnförmigen Körper geht die schaumartige Substanz in feine Fasern über. (Fig. 29.) — Der Bau der Haut an der unteren Hälfte des Episporium von Azolla filiculoides soll durch unsere Fig. 31 und 32 vergegenwärtigt werden, und zwar bei 32 in Oberflächenansicht, bei 31 im Längsschnitt. Diese Haut grenzt an die radial gestreifte, bräunlich-gelbe Membran der Spore und bildet warzenförmige Vorsprünge, die theils einzeln frei stehen, theils zu zwei verschmolzen sind. An die Membran der Spore grenzt eine bräunliche, schaumartig differencirte Substanz, die auch die Warzen ausfüllt. Die Einsenkungen zwischen denselben sind von einer soliden, stark lichtbrechenden, gelblichen Substanz ausgekleidet. Die Oberfläche der Warzen wird von einer grumoesen Masse bedeckt; endlich entspringen von den Rändern der Warzen lange, peitschenförmige, farblose und homogene, äusserst feine Fäden.

Bei jeder Species der Azollen ist nun der Bau dieser Haut verschieden.

Bei Azolla caroliniana (Fig. 33) folgt auf die Sporenmembran eine feinfaserige Zwischenmasse und auf diese eine starke, mit unregelmässigen, knotigen Vorsprüngen besetzte Haut; von den Vorsprüngen gehen feine, peitschenförmige Fäden aus.

Bei Azolla pinnata R. Br. (Fig. 34) folgt auf die Sporenhaut eine starke Faserschicht und auf diese eine dicke, aus radialgestellten Prismen gebildete Haut. An einzelnen Stellen verwachsen benachbarte Prismen zu einem starken, knotigen, vorspringenden Höcker.

Azollla niotica de Caisne (Fig. 35) endlich zeigt in der unteren Hälfte ihres Episporiums einen der A. pinnata ähnlichen Bau, nur

[1]) Die meisten der folgenden Figuren nochmals nach der Natur gezeichnet.

ist hier im Verhältniss die faserige Zwischenmasse sehr reducirt, die Prismen regelmässiger ausgebildet und breiter, die vorspringenden Höcker kleiner.

Im Uebrigen muss ich hier auf meine Abhandlung über Azolla und die dort gegebenen Abbildungen verweisen.

Die Mikrosporen von Salvinia sind in eine schaumige Substanz eingebettet, die durchaus derjenigen des Episporiums derselben Pflanze auch der birnförmigen Körper der Azollen und der Zwischensubstanz bei Azolla filiculoides entspricht. Juranyi hat auch hier gezeigt, dass diese Substanz dem sich differenzirenden Protoplasma der zerfallenen Mantelzellen des Sporangium entstammt.[1]) Bei Azolla ist nun das Merkwürdige, dass diese schaumige Substanz, in der die Mikrosporen eingebettet liegen, nicht einen Körper wie bei Salvinia, sondern stets mehrere Körper in jedem Sporangium bildet. Ausserdem zeigen hier diese s. g. Massulae oft sehr eigenthümliche Fortsätze an ihrer Peripherie. In meiner Abhandlung über Azolla nahm ich an, dass die schaumartige Substanz der Massulae von einer besonderen Haut umgeben sei. Ich muss das jetzt nach besserer Einsicht zurücknehmen; diese Haut ist in der That nichts als die Abgrenzung der peripherisch gelegenen Bläschen nach aussen.

Die Fortsätze der Massulae treten uns in dem einfachsten Falle als directe, unregelmässige Vorsprünge der schaumigen Substanz entgegen, so wie wir es etwa in Fig. 37 für Azolla pinnata sehen können.

Bei Azolla filiculoides und caroliniana sind es hingegen haarartige Gebilde, die s. g. Glochiden, welche nur der Peripherie der schaumigen Substanz aufsitzen. Fig. 38 zeigt eine ganze Massula von Azolla filiculoides mit den ihr aufsitzenden Glochiden. Fig. 39a und 40 eine solche Glochide in der Front und der Seitenansicht. Ich hatte früher einige Bedenken, diese Glochiden, ihres merkwürdigen Baues wegen, auch weil sie ausgebildet noch eines selbständigen Wachsthums fähig sind, für unmittelbare Differenzirungsproducte des Protoplasma zu halten; jetzt sind diese Bedenken bei mir völlig geschwunden, wo ich weiss, dass bei Marsilia die aus dem Protoplasma differenzirte Prismenschicht auch noch wachsen kann, und ich mir vergegenwärtigte, dass nicht minder eigenthümliche unmittelbare Differenzirungsproducte des Protoplasma bei den Myxomyceten vorliegen. Gegen die Zellen-

[1]) l. c., p. 19.

natur dieser Gebilde sprach auch früher schon ihre Insertion an der Peripherie der Massulae, der Mangel der Zellkerne und auch jeglichen Inhaltes in den Hohlräumen ihres Körpers, ihre innerhalb dieser Hohlräume sehr häufig unvollständigen Scheidewände. [1]) Ich nahm früher auch Anstand diese Glochiden mit den Fortsätzen aus den Massulae der Azolla pinnata und nilotica zu vergleichen; nunmehr neige ich auch zu dieser Zusammenstellung, nachdem ich die Fortsätze bei Azolla pinnata einer nochmaligen, eingehenden Beobachtung unterzog. In der That fand ich nämlich (Vergl. Fig. 37), dass diese Fortsätze sich in mancher Beziehung den Glochiden nähern, langgestreckte Formen wie diese annehmen (Fig. 37 rechts) und sogar auch annähernd ähnliche Kammern in ihrem Inneren zeigen können. Die Glochiden bleiben immerhin noch die extremsten, sehr hoch ausgebildete Formen dieser Fortsätze.

Alle nun diese Episporien und Massulae aufbauenden, aus protoplasmatischen Substanzen direct erzeugten Gebilde zeichnen sich im fertigen Zustande durch ihre ausserordentliche Resistenzfähigkeit gegen concentrirte Säuren und Alcalien aus, so wie durch ihr gleichgültiges Verhalten gegenüber gewohnten mikrochemischen Reagentien. Nur dass ihre Braunfärbung mit Jod gelingt, nicht anders übrigens als cuticularisirter Zellhäute.

Die Fruchtkörper der Myxomyceten, die wir sicher ebenfalls als unmittelbare Producte des Protoplasma aufzufassen haben, verhalten sich auch in mikrochemischer Beziehung jenen Gebilden der Hydropteriden gleich. Auf die entwickelungsgeschichtliche Aehnlichkeit, welche zwischen diesen Gebilden besteht, hat auch Rostafiński [2]) in seiner Inaugural-Dissertation hingewiesen.

Beispielweise soll hier noch der Angaben von Oscar Schmidt [3]) gedacht werden, dass auch die so resistenten Fasern der Hornspongien einer unmittelbaren Umwandlung des Protoplasma ihre Entstehung verdanken.

Der Zweck aller dieser Schilderungen war der, in uns die Ueberzeugung zu erwecken, dass das Protoplasma als ein sehr complicirt gebauter Körper aufgefasst werden müsse.

Diese Ueberzeugung muss uns leiten, wenn wir uns das

---

[1]) Das Nähere vergl. in meiner Abhandlung.

[2]) Versuch eines Systems der Mycetozoen 1873, p. 18.

[3]) Supplement der Spongien des Adriat. Meeres, Leipzig 1864, p. 7 u. a.

Protoplasma eines Eies als Träger der specifischen Eigenschaften des ganzen zukünftigen Organismus vorstellen sollen.

Zu dieser Vorstellung kann uns die Betrachtung einfacherer Verhältnisse bei den niederen Organismen verhelfen.

Bei Myxomyceten finden wir als Vorstufe der oft so complicirt gebauten Fruchtkörper nur Protoplasma als Plasmodium vor. Aus diesem Protoplasma werden die Fruchtkörper unmittelbar dargestellt.

So gering im Verhältniss die Verschiedenheiten in den Plasmodien der einzelnen Arten sind, so bedeutend können die Fruchtkörper derselben differiren. Unter den sichtbar gleichförmigen Eigenschaften der Plasmodien müssen also Verschiedenheiten verborgen sein, die sich jeder directen Wahrnehmung entziehen.

Diese Verschiedenheiten können weder durch die wechselnde Grösse der hypothetischen Plasmamolecule, noch durch die wechselnde Grösse ihrer Wasserhüllen, noch durch die einfache Steigerung oder Verringerung der Action der Molecule bedingt sein, denn diese Differenzen äussern sich ja, wie wir annehmen müssen, in den sichtbar werdenden Consistenzunterschieden, die in keinem Verhältnisse zu späteren Structurverhältnissen der Fruchtkörper stehen; auch haben wir ja gesehen, dass nicht einmal die Eigenschaften der Hautschicht sich, als solche, aus Consistenzdifferenzen des Protoplasma allein erklären lassen. Andererseits würde der Wechsel dieser Verhältnisse nicht den nöthigen Specialraum bieten für die Erklärung der grossen Manigfaltigkeit der Erscheinungen am Protoplasma.

So müssen wir wohl die Molecule selbst als Träger der specifischen Eigenschaften uns denken. Diese Molecule wären dann aber, wie von verschiedenen Seiten bereits angedeutet wurde, als Einheiten von sehr zusammengesetztem Bau aufzufassen.

Als active Plasmacentren sind dieselben neuerdings von Elsberg[1]) und Haeckel[2]) „Plastidule“ benannt worden.

Dass diese Plastidulen die Träger der specifischen Eigenschaften des Plasma sind, das zeigt schon der Umstand, dass aus einem Plasmodium eine unbestimmte Zahl Fruchtkörper angelegt werden kann. Jedes Stück eines künstlich zertheilten Plasmodiums ist befähigt, einen Fruchtkörper zu erzeugen, wenn

---

[1]) Proceed. of the American Association, Hartford 1874.

[2]) Die Perigenesis der Plastidule 1876.

es nur die ausreichende Masse hierzu besitzt. Jedes Stück eines Plasmodiums hat also die Eigenschaften des Ganzen.

Ebenso konnte eine Vaucheria-Schwärmspore künstlich in mehrere zerlegt werden, welche sich nur in ihrer Grösse von der ursprünglichen unterschieden.

So auch kann selbst bei höheren Organismen das Protoplasma einer einzelnen Zelle befähigt sein den ganzen Organismus zu wiederholen. Beispielsweise werden bei gesteckten Begoniablättern neue Pflanzen aus einzelnen Epidermiszellen erzeugt und kann fast jede peripherische Zelle eines Laubmooses zu Protonema auswachsen und somit durch Vermittelung des letzteren neuen Pflanzen den Ursprung geben.

Besonders zur Wiederholung des Organismus angepasste Zellen sind aber die Sporen und Eier.

Erstere recapituliren die Entwickelung unmittelbar, letztere nachdem ihr Protoplasma erst mit dem Protoplasma einer anderen Zelle sich vereinigt hat.

Wodurch aber die Erscheinung bedingt wird, die wir bei den Organismen Entwickelung nennen, darüber lässt sich nach dem Stande unseres Wissens nicht einmal eine Hypothese aufstellen. Es sind da jedenfalls moleculare Vorgänge im Spiele, die sich jeder physikalischen Behandlung bis jetzt entziehen.

Ebenso wenig als über die Mechanik der Entwickelung können wir uns über die Mechanik der Vererbung eine Vorstellung machen. Wir constatiren nur die Thatsache, dass die Art der Entwickelung durch die Vererbung bestimmt wird.

Wir nehmen weiter an, dass äussere Ursachen im Allgemeinen das Auftreten neuer Eigenschaften an den Organismen, als sogenannter Anpassungserscheinungen, veranlassen.

Mit welch molecularer That aber ein Organismus auf einen äusseren Einfluss reagirt, ist unbekannt.

Es besteht hier kein directes Verhältniss zwischen der Action und der Reaction, daher man wohl auch so häufig die äussere Action bei Veränderungen der Organismen in Abrede gestellt hat.

Vererbt werden aber nur solche Veränderungen, welche entweder das ganze Protoplasma des Organismus, oder doch zum Mindesten, auf directe oder indirecte Weise, das Protoplasma seiner ungeschlechtlich oder geschlechtlich erzeugten Vermehrungsorgane beeinflussen.

Veränderungen, welche nicht das ganze Protoplasma beeinflussen oder doch nicht solche Theile, welche ihrerseits einen Ein-

fluss auf die Vermehrungsorgane üben, werden nicht vererbt. So die Varietäten, die wohl durch Stecklinge sich vervielfältigen lassen, nicht aber durch Samen.

Die gegenseitige Beeinflussung der Protoplasmamassen eines Organismus bei eingetretenen Veränderungen mag die Correlationserscheinungen zur Folge haben.

Nehmen wir aber auch an, dass äussere Ursachen in der phylogenetischen Entwickelung das Auftreten neuer Eigenschaften veranlasst haben, mag ihre Aufeinanderfolge in der phylogenetischen Entwickelung auch ihre Aufeinanderfolge in der ontogenetischen Entwickelung bestimmen, so viel ist sicher, dass die ontogenetische Entwickelung nun unabhängig von den früheren Einflüssen vor sich geht.

Die äusseren Ursachen sind es hier nicht mehr welche die Aufeinanderfolge der Entwickelungszustände veranlassen, diese gehen vielmehr selbständig aus einander hervor.

Es giebt also eine Mechanik der Entwickelung, wo jeder Zustand, unter sonst in gewissen Grenzen sich gleich bleibenden Verhältnissen, einen nächstfolgenden mit Nothwendigkeit setzt.

Die Mannigfaltigkeit der Entwickelung scheint durch die Eigenschaften des Protoplasma in gewisse Schranken gebannt zu sein, das glaube ich wenigstens aus der Thatsache folgern zu müssen, dass so häufig analoge Erscheinungen in der Entwickelung wiederkehren, auch wo eine Homologie nicht anzunehmen ist.

Trotzdem halte ich es nicht für wahrscheinlich, denn darauf beruht ja die relativ so grosse Stabilität der Arten-Charaktere, dass das Protoplasma ohne äussere Veranlassung neue Eigenschaften annehmen sollte. Wird aber unter dem Einflusse eines äusseren, kräftig genug wirkenden Reizes einer der bisherigen Charaktere des Protoplasma verändert oder das Auftreten eines neuen Charakters veranlasst, so scheint dies nur innerhalb bestimmter Bahnen erfolgen zu können.

Wir dürfen nicht annehmen, dass im Protoplasma des Eies alle Theile des Organismus ihre „Keimchen" hätten. Diese Vorstellung ist unverträglich mit den heutigen Anschauungen der Histologie; ausserdem müsste ja bei solchen Organismen, wo das Protoplasma einzelner, abgeleiteter Zellen den ganzen Organismus wiederholen kann, angenommen werden, dass auch jede beliebige Zelle die Keimchen zu allen Theilen des Organismus in sich schliesst. Das würde uns nur zu der Annahme zurückführen, dass es sich hier um die Eigenschaften des Gesammtplasma des Or-

ganismus, so weit dieses nicht etwa speciellen Functionen angepasst und in besondere Structur eingetreten ist, handle.

Eben so gut als wir gezwungen sind, bei den Myxomyceten, deren Fruchtkörper unmittelbar aus dem Protoplasma der Plasmodien hervorgehen, so viel verschiedene Plasmodien anzunehmen, als es verschiedene Arten Fruchtkörper gibt, sind wir auch gezwungen, so viel Protoplasma-Arten anzunehmen, als überhaupt verschiedene Arten von Organismen existiren.

Man muss sich daher das Ei einer Organismen-Art als von den Eiern aller anderen Organismen-Arten different denken, wie ja das auch schon aus dem Umstande folgt, dass ein bestimmtes Ei nur eben diesen, aber keinen anderen Organismus hervorbringen kann.

Die Aehnlichkeit zwischen den Eiern und den sich entsprechenden Entwickelungszuständen verschiedener Arten von Organismen sehen wir aber als die Folge ihrer Homologie, d. h. Blutverwandtschaft an, so weit nicht etwa blosse Analogien vorliegen, welche eine Folge der gleichen Eigenschaften des Substrats sind, aus dem die Organismen sich entwickelt haben.

Dass aber trotz der nothwendig anzunehmenden Verschiedenheit des Protoplasma der Eier solche Aehnlichkeiten in der Entwickelung zwischen ihren Entwickelungs-Producten bestehen bleiben, lässt sich nur begreifen, wenn wir weiter annehmen, dass jeder Charakter so lange innerhalb der molecularen Sphäre verborgen bleibt, bis nicht im Gange der Entwickelung derjenige Zustand erreicht worden ist, an dem er sich frei manifestiren kann.

Von diesem Standpunkte aus lässt sich nur die Thatsache der Vererbung in correspondirendem Alter begreifen, auf welcher überhaupt die Möglichkeit einer Wiederholung der phylogenetischen Entwickelung durch die ontogenetische basirt.

Tritt im Gange der Entwickelung derjenige Zusand nicht ein, an dem sich ein folgender äussern kann, oder wird der letztere in seiner Manifestation verhindert, so bleibt es immerhin möglich, dass er als moleculare Eigenschaft des Protoplasma auf die Nachkommen vererbt werde und sich dann unter günstigen Umständen bei diesen als Atavismus äussere.

Diese Betrachtungen wurden durch ähnliche Untersuchungen von Charles Darwin, Elsberg und Haeckel angeregt; sie liessen sich naturgemäss einem Aufsatze über Protoplasma anschliessen. Ich lege sie hier in rein hypothetischer Form nieder, als einen weiteren Versuch den Erscheinungen des Lebens näher zu treten.

In seinen berühmt gewordenen „mikroskopischen Untersuchungen“ [1]) dachte sich Schwann die Entstehung einer Zelle gleichsam durch Krystallisation, also ähnlich derjenigen eines Krystalls, und führte hierauf eine Parallele zwischen Zelle und Krystall durch, indem er die Unterschiede, die zwischen beiden bestehen, aus der Natur der Stoffe zu erklären suchte, die beim Krystall für Flüssigkeiten undurchdringlich, bei der Zelle durchdringlich seien.

Nach den neuerdings an Zellen gemachten Untersuchungen dürfte kaum noch die Bildung derselben mit einem Krystallisationsvorgange sich vergleichen lassen, und wo anders die Zelle noch mit einem Krystall verglichen wird, so geschieht dieses wohl nur, weil man beide für gleichwerthige morphologische Individualitäten hält.

Auch dieses lässt sich aber nur von einem ganz abstracten Standpunkte aus thun, etwa von der Ansicht ausgehend die Zelle spiele eine ähnliche Rolle in der belebten, als der Krystall in der leblosen Natur. Thatsächlich entsprechen sich aber Krystall und Zelle nicht, denn auch das Protoplasma kann krystallisiren; wo es dies aber thut, stehen seine Krystalle in keinem Verhältniss zu den Zellen.

Die Protoplasmakrystalle beweisen andererseits, dass auch imbibitionsfähige Substanzen zum Krystallisiren befähigt sind. Ja diese Krystalle bleiben selbst imbibitionsfähig und sind ihre Winkel ausserdem etwas inconstant, was Naegeli bewog, sie als „Krystalloide“ zu bezeichnen.

Sie werden in Endospermzellen als Reservestoffe angetroffen. Man findet sie hier in Klebermehlkörnchen eingeschlossen und werden sie sammt jenen bei der Keimung gelöst, um zur Protoplasmabildung innerhalb der jungen Pflanze verwerthet zu werden.

In anderen Geweben der Pflanze sind die Krystalloide selten; ihr merkwürdigstes Vorkommen ist dasjenige in den Zellkernen bei Lathraea squamaria. Man beobachtet sie dort, wie zuerst Radlkofer zeigte [2]), in den Oberflächenzellen der Samenknospe und aller zur Zeit der Samenreife noch vorhandenen Blüthentheile [3]) und zwar in Gestalt dünner, quadratischer oder rectangulärer Plättchen zu Agregaten vereinigt. (Fig. 41 u. 42.)

[1]) Mikrosk. Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, 1839.

[2]) Ueber Krystalle proteinartiger Körper pflanzlichen und thierischen Ursprungs, 1859.

[3]) l. c., p. 38.

Die Krystalloide reagiren wesentlich so wie das Protoplasma und konnte ich in Erfahrung bringen, dass auch die Osmiumsäure ganz in derselben Weise auf sie einwirkt. Ich habe mir mit Zuhilfenahme derselben sehr schöne Präparate aus dem Endosperm von Bertholletia excelsa hergestellt und auch Präparate der so empfindlichen im Wasser schon zerfliessenden Krystalloide der Lathraea squamaria. (Fig. 41 und 42). Die letzteren färbten sich dann auch mit Beale'schem Carmin schön roth in ihrer ganzen Masse.

Van Tieghem hat neuerdings auf die grosse Verbreitung der Krystalloide bei den Mucorineen hingewiesen; dort sind sie eine ausgeschiedene Substanz. Sie werden aus dem Protoplasma beseitigt, bevor es in das Sporangium oder in die Copulationszelle fliesst, und grenzen sich gegen dasselbe dann durch eine Membran ab.[2])

Zum Schlusse möchte ich hier noch einige Bemerkungen anknüpfen über die Bildung der Cellulose-Membran an den Schwärmsporen der Vaucheria sessilis.

Ich hatte bereits Gelegenheit zu erwähnen, dass die Bildung dieser noch während des Schwärmens beginnt. Ich möchte dies für die Ursache des Aufhörens der Bewegung ansehen. Mit Hilfe des früher beschriebenen Compressionsverfahrens war ich in der Lage mich von dem Vorhandensein auch der zartesten Membran zu überzeugen. Wurde nämlich die Schwärmspore behutsam bis zum Platzen zusammengedrückt und setzte man nun, nachdem ein Theil des Inhaltes aus derselben herausgetreten war, ein wenig Wasser hinzu, so konnte man stets die Hautschicht von der oft unendlich zarten Membran zurücktreten sehen. Auf solchem Zustande ist die Membran noch durch keinerlei Reagens nachzuweisen. Die Hautschicht ist stets vorhanden und schält sich gleichsam von der Membran ab, welche sich unregelmässig faltet. Eine solche Membran konnte ich an den Schwärmsporen schon kurze Zeit, nachdem sie ihr Sporangium verlassen hatten, nachweisen. Sie schwärmen trotzdem noch fort und ziehen, zur Ruhe gekommen, ihre Cilien wohl durch in der Cellulose-Membran zurückgebliebene feine Oeffnungen ein.

Um Plasmaballen die nur von der Grundsubstanz des Körnerplasma gebildet werden, wird keine Cellulose-Membran erzeugt,

[2]) Ann. d. sc. nat. Bd. VI Sér., T. I, 1875, p. 30.

wohl aber um hinreichend grosse, mit Hautschicht umgrenzte Stücke, insofern es an der Innenseite der Hautschicht nicht an Material zur Bildung der Zellhaut fehlt.

Ich habe folgende Versuche angestellt: eine eben zur Ruhe gekommene Schwärmspore wurde in der wiederholt geschilderten Weise eines Theiles ihres Inhaltes beraubt, dann Wasser zugesetzt und die Hautschicht so zum Zurückweichen von der zarten Cellulose-Membran veranlasst. Nun wurde wieder mit Fliess-Papier Wasser entzogen und die Schwärmspore abgeflacht, doch nicht bis zum früheren Umfang, also nicht bis an die verlassene Cellulose-Wand heran. In einer feuchten Kammer wurde der so erlangte Zustand stabilisirt und nach 15 Minuten abermals Wasser zugesetzt. Die sich abrundende Schwärmspore zog sich auch dieses Mal von einer äusserst zarten Cellulose-Membran zurück (Fig. 6). Ich hatte somit die Bildung einer zweiten Cellulose-Membran um die Schwärmspore veranlasst. Es gelang mir in einem Falle, drei in einander geschachtelte, mehr oder weniger vollständige Membranen auf diese Weise zu erhalten.

Auch innerhalb eines ziemlich reifen Sporangiums erhielt die Schwärmspore, die ich in ähnlicher Weise von der Sporangium-Wand zurücktreten liess, eine zarte Zellhaut. Hier wurde sie aber viel langsamer erzeugt.

Die Bildung der Membran geht sonst äusserst rasch von Statten, wie man sich hiervon unter günstigen Bedingungen leicht überzeugen kann.

Auch an künstlichen Wundstellen der Vaucheria-Schläuche lassen sich die geschilderten Vorgänge beobachten. Um die herausgetretenen Kugeln von Grundsubstanz des Körnerplasma sieht man auch hier nie eine Cellulose-Membran auftreten, nicht etwa, weil das Material zu ihrer Bildung fehlt, sondern weil, wie ich meine, die Hautschicht allein befähigt ist die Cellulose-Membran an ihrer Oberfläche zu erzeugen. Aus der Hautschicht hingegen, sobald es ihr gelungen die Wunde zu schliessen, wird auch hier sehr rasch eine zarte Cellulose-Membran ausgeschieden, die mit ihrem Rande an die Seitenwände aus Cellulose ansetzt.

Figurenerklärung.

Taf. I.

Fig. 1—6. Vaucheria sessilis.

Fig. 1. Sporangium mit fast reifer Schwärmspore. Alkohol-Präparat. Vergr. 240.

Fig. 2. Vordertheil einer Schwärmspore noch im Sporangium. Nach dem lebenden Objecte entworfen. Vergr. 600.

Fig. 3. Ein Theil der Hautschicht mit Cilien. Osmiumsäure-Präparat. Vergr. 600.

Fig. 4. Ein ebensolcher Theil. Osmiumsäure-Präparat mit Beale'schem Carmin behandelt. Vergr. 600.

Fig. 5. Ein ebensolches Object mit absolutem Alkohol behandelt. Bei a im optischen Durchschnitt, bei b von oben gesehen. Vergr. 600.

Fig. 6. Theil einer Schwärmspore, die zur wiederholten Membranbildung veranlasst worden war. Die Schwärmspore trat von der zuerst erzeugten Cellulose-Haut zurück und bildete eine zweite, die man auch theilweise verlassen sieht. Nach dem lebenden Objecte entworfen. Vergr. 600.

Fig. 7—14. Equisetum arvense.

Fig. 7—14. Spermatozoiden dieser Pflanze in verschiedener Lage. Fig. 7. horizontal gelegen von der Seite gesehen. Fig. 8, 9, 10 mit etwas gegen den Beobachter gehobenem Vorderende. Fig. 14 mit gesenktem Vorderende. Fig. 11 und 12 Bauchansicht. Fig. 13. Rückenansicht. Fig. 7, 8, 10, 11, 12 mit Blase. Fig. 9 u. 14 ohne Blase. Die Blase der Innenfläche der hinteren Windung anhaftend, mit Ausnahme der Fig. 12, wo sie den vorderen Windungen anhängt. Vergr. 900.

Fig. 15—27. Aethalium septicum.

Fig. 15—27. Plasmodienzweige dieses Myxomyceten. Fig. 15—21 im Einziehen begriffen. Fig. 22 im Fortschreiten. Diese Figuren sowie Fig. 27, welche den inneren Theil eines Zweiges mit lebhafter Strömung (innerhalb der Linien) und von Schleimscheide umgeben, vorführt, nach lebenden Objecten entworfen. Fig. 2 ein im Fortschreiten begriffen gewesener Zweig mit Osmiumsäure und Carmin behandelt. Fig. 24—26 im Einziehen begriffen gewesene Zweige mit Chromsäure fixirt. Vergr. 600.

Taf. II.

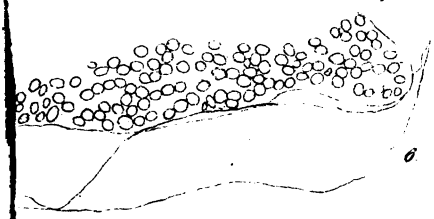
Fig. 28—40. Azolla.

Fig. 28. Makrospore von A. filiculoides im Indusium eingeschlossen. Vergr. 100.
Fig. 29. Scheitel eines Schwimmkörpers von der Makrospore derselben Pflanze. Längsschnitt. Vergr. 600.
Fig. 30. Aus der Basis eines ebensolchen Schwimmkörpers. Längsschnitt. Vergr. 600.
Fig. 31 u. 32. Aus dem unteren Theile des Episporiums derselben Pflanze. Fig. 31 im Längsschnitt, Fig. 32 von oben gesehen. Vergr. 600.
Fig. 33. Unteres Episporium von A. caroliniana, im Längsschnitt. Vergr. 520.
Fig. 34. Unteres Episporium von A. pinnata, im Längsschnitt. Vergr. 600.
Fig. 35. Unteres Episporium von A. nilotica, im Längsschnitt. Vergr. 600.
Fig. 36. Obere Ansicht des Massula-Schaumes von A. filiculoides. Vergr. 600.
Fig. 37. Unteres Stück einer Massula von A. pinnata. Vergr. 600.
Fig. 38. Eine ganze Massula von A. filiculoides. Vergr. 240.
Fig. 39 u. 40. Glochide von A. filiculoides von vorne und von der Seite gesehen. Vergr. 520.

Fig. 41 u. 42. Lathraea squamaria.

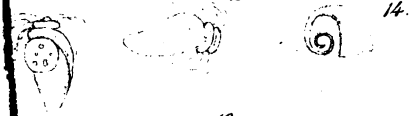
Fig. 41 u. 42. Zellen von der Oberfläche der Samenanlagen. Verg. 240.

Taf. I.



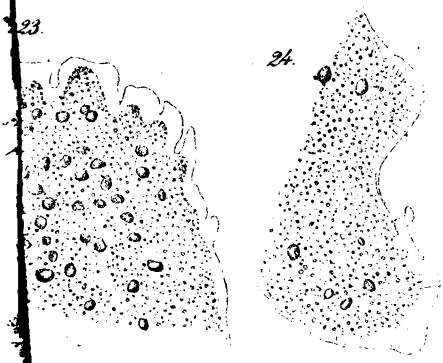
6

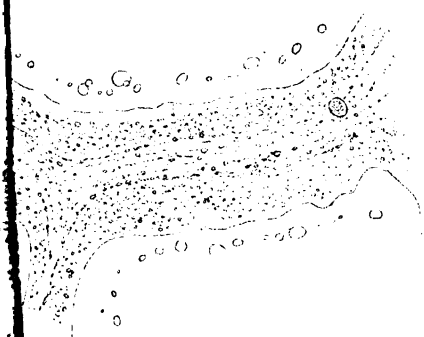
12. 13. 14.



19.

23. 24.





Ed

Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena

Fi
Fi

Fi

Fi

Fi
Fi
Fi
Fi
F
F
F

F